

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



ELECCIÓN DE UN CANAL DE DISTRIBUCIÓN EN
EL EXTRANJERO PARA UNA PYME DE
COMERCIO ELETRÓNICO

POR

ING. LEYDER FERNANDO MARTÍNEZ CAMBRANO

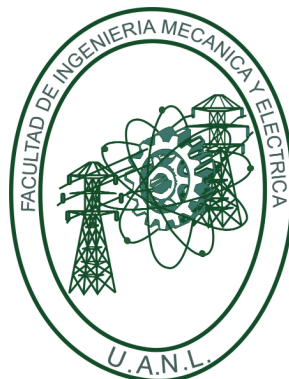
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

SEPTIEMBRE 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



ELECCIÓN DE UN CANAL DE DISTRIBUCIÓN EN
EL EXTRANJERO PARA UNA PYME DE
COMERCIO ELETRÓNICO

POR

ING. LEYDER FERNANDO MARTÍNEZ CAMBRANO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

SEPTIEMBRE 2018

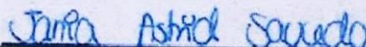
Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Subdirección de Estudios de Posgrado

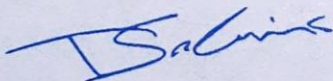
Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Elección de un canal de distribución en el extranjero para una PyME de comercio electrónico», realizada por el alumno Leyder Fernando Martínez Cambrano, con número de matrícula 1883898, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Tesis



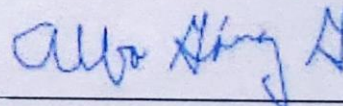
Dra. Jania Astrid Saucedo Martínez

Asesor



Dr. Tomás Eloy Salais Fierro

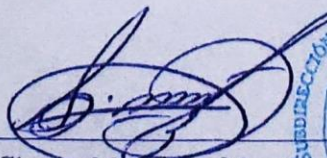
Revisor



MLCS. Alba Eva Gómez Gómez

Revisor

Vo. Bo.



Dr. Simón Martínez Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado



San Nicolás de los Garza, Nuevo León, septiembre 2018

*A mi esposa, Itzel, que siempre
estuvo conmigo para darme ánimos.*

*A mi familia, que a pesar de
la distancia siempre me apoyó.*

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	XI
Resumen	XIII
1. Introducción	1
1.1. Descripción del problema	3
1.2. Objetivo	4
1.2.1. Objetivos específicos	4
1.3. Hipótesis	4
1.4. Justificación	5
1.5. Metodología	6
1.6. Estructura de tesis	6
2. Revisión de la literatura	8
2.1. La selección de proveedores	8
2.2. Herramientas para la toma de decisión	10
2.2.1. Método de la Suma Ponderada	12

2.2.2. Técnica de Orden de Preferencia por Similitud para Solución Ideal (TOPSIS)	13
2.2.3. Proceso Analítico en Red	13
2.2.4. Proceso Analítico Jerárquico	15
2.2.5. Fuzzy AHP	16
2.2.6. Elección de método	17
2.3. Indicadores de desempeño	18
2.4. Casos documentados FAHP	23
2.4.1. Un modelo de selección difuso de proveedores con la consideración de beneficios, oportunidades, costos y riesgos	23
2.4.2. Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso .	24
3. Descripción FAHP	26
3.1. Definir el objetivo	26
3.2. Herramienta de solución FAHP	27
3.2.1. Desarrollo de la estructura jerárquica para los criterios y alternativas	28
3.2.2. Establecimiento de prioridades	28
3.2.3. Construcción de las matrices de juicio difuso para el AHP . .	29
3.2.4. Consistencia lógica	33
4. Aplicación FAHP	35
4.1. Cuestionario	35

4.2. Análisis Extendido de Chang	37
4.3. Consistencia lógica	40
4.4. Elección de alternativa y adecuaciones en la empresa	42
5. Análisis y resultados: Caso de Estudio	45
6. Conclusiones	49
6.1. Contribuciones	50
6.2. Trabajo futuro	51
A. Definiciones de los KPI	52
A.1. Envíos a tiempo	52
A.2. Calidad	52
A.3. Flexibilidad	53
A.4. TICs	53
A.5. Infraestructura	53
A.6. Servicio al cliente	53
A.7. Costo de envío	54
A.8. Costo de almacenamiento	54
A.9. Situación económica	54
A.10. Área geográfica	54
A.11. Capacidad de envíos	55

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. El comercio electrónico en México.	3
2.1. Categorización	23
3.1. Estructura jerárquica	28
3.2. Números triangulares	29
3.3. Intersección M_1 y M_2	32
4.1. Muestra de cuestionario en línea BO	36
4.2. Peso de cada criterio y subcriterio	42

ÍNDICE DE TABLAS

2.1. Herramientas de análisis multicriterio	11
2.2. Referencias en literatura	12
2.3. Comparativo de métodos de decisión multicriterio	18
2.4. KPIs más relevantes en la literatura	22
3.1. Escala de Saaty en números triangulares	30
3.2. Matriz de construcción de jerarquías por comparación	31
3.3. Valores de IC	34
4.1. Concentrado de opiniones de expertos en números difusos	37
4.2. Matriz S con valores de l, m, u	38
4.3. Comparaciones S	38
4.4. Procedimiento resumido: Beneficios	39
4.5. Procedimiento resumido: Oportunidades	39
4.6. Procedimiento resumido: Costos	40
4.7. Procedimiento resumido: Riesgos	40

4.8. Matriz Normalizada	41
4.9. Valores Índice Aleatorio	41
4.10. Razones de Consistencia para las matrices	41
4.11. Comparativo Amazon,E-bay y DHL por KPI	43
4.12. Evaluación Amazon, E-bay y DHL por KPI	44
4.13. Resultados finales	44
5.1. Resumen de evaluaciones	45
5.2. Estimación de la demanda	47
5.3. Calculo de EOQ	48

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa, Itzel, por su templanza y buena actitud ante mis momentos más desesperantes.

A mis padres, que estuvieron pendiente en todo momento de mi bienestar físico y emocional.

A mis amigos Jessica y Manuel, por ayudarme de diferentes maneras y en todo momento.

A mis amigos en Tabasco, que a pesar de la distancia siempre pude contar con ellos.

A la Dra. Jania, por sus consejos y correcciones oportunas.

A el Dr. Tomás, por ser participe en la realización de la tesis con sus consejos.

A la MLCS. Alba, por permitirme colaborar con ella y confiar en mis capacidades.

A todos los profesores de la Maestría, que compartieron sus conocimientos y enriquecieron mi saber.

A CONACYT, a la UANL, a FIME, por su invaluable apoyo para poder centrarme en este proyecto; a la Dirección de investigación por la adquisición de la base de datos Emereald, para la sección de logística y calidad.

Agradezco a todos aquellos que de manera directa o indirecta hicieron posible

la culminación exitosa de este proyecto.

RESUMEN

Ing. Leyder Fernando Martínez Cambrano.

Candidato para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: ELECCIÓN DE UN CANAL DE DISTRIBUCIÓN EN EL EXTRANJERO
PARA UNA PYME DE COMERCIO ELETRÓNICO.

Número de páginas: 64.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO: En un contexto de globalización en la era digital, una PyME puede sentirse intimidada ante los distintos retos que enfrenta, destacando como una de las principales causas de fracaso la falta de un análisis para la toma de decisiones, por lo que surge la necesidad de brindar una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, por lo que se presenta un caso de estudio en el cual se pretende seleccionar a un proveedor de servicios de distribución para una empresa que funciona como *e-commerce*, realizando un análisis basado en FAHP (*Fuzzy Analytic Hierarchy Process*), con potencial para su aplicación a diferentes áreas. Para lograr lo anterior se propone determinar los criterios de selección, con el objetivo de evaluar las alternativas de distribución en el extranjero mediante FAHP y alinear los procedimientos internos de acuerdo al canal elegido (proponer políticas de inventarios), para probar el funcionamiento del canal de distribución y retroalimentar.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: Se logró aplicar la herramienta en el caso de estudio con resultados satisfactorios, que agilizó y facilitó el procesamiento de la información. Apoyando a la empresa para la toma de decisiones además de definir la cantidad de producto a enviar, es decir, la determinaión de un inventario inicial, así como las instrucciones para el uso de la herramienta en distintos procesos. que consideren una toma de decisiones multicriterio. El impacto en la cadena de suministro es la agilización de los tiempos en la toma de decisión, y la mejora en este proceso.

Firma del asesor: _____
Dra. Jania Astrid Saucedo Martínez

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El mundo está en constante evolución, y eso obliga a cambiar la perspectiva para poder adaptarse mejor a las nuevas circunstancias. Anteriormente la competencia solo existía entre empresas, y actualmente la rivalidad se ha escalado a las cadenas de suministro. Según Chopra y Meindl (2007) la cadena de suministro «se compone de todas las partes involucradas, directa o indirectamente, para satisfacer la petición de un cliente», y que la colaboración se logra cuando existe una adecuada «coordinación sistemática y estratégica de las funciones de negocio tradicional y las tácticas utilizadas a través de esas funciones de negocio, al interior de una empresa y entre los diferentes procesos de la cadena de suministro, con el fin de mejorar el desempeño en el largo plazo tanto de la empresa individualmente como de toda la cadena de suministro en general», que es lo que se conoce como la Administración de la Cadena de Suministro (SCM: *Supply Chain Management*) de acuerdo con el Council of Supply Chain Management Professionals (Vitasek, 2013).

También ha tomado relevancia una parte vital de la gestión de la cadena de suministro: la logística, que es «todo movimiento y almacenamiento que facilite el flujo de productos desde el punto de compra de los materiales hasta el punto de consumo, así como los flujos de información que se ponen en marcha, con el fin de dar al consumidor el nivel de servicio adecuado a un costo razonable» (Ballou, 2004).

Con el desarrollo de las nuevas tecnologías y el efecto de la globalización, se ha favorecido el tránsito de la economía tradicional a la economía electrónica o digital (*e-commerce*). Los nuevos modelos de negocio derivados de las oportunidades de comercialización están basados en los altos niveles de conectividad y accesibilidad a la red.

Si a lo anterior se suma que para el 2020 se estima que el valor de las exportaciones vía *online* incrementará hasta los 130,000 millones de dólares en los principales mercados mundiales de comercio electrónico, da pie a la posibilidad de que, si se sabe aprovechar al máximo, las ventas minoristas *online* se dupliquen e internacionalicen, esto como consecuencia a que cada vez son más los consumidores que tienen acceso a internet desde cualquier parte del mundo, por lo que la proyección de crecimiento a través de la exportación aún siendo una PyME es alentadora (Ortega, 2014). México tampoco es ajeno a éste fenómeno, y se puede comprobar al observar el comportamiento de sus ventas, como se muestra en la Figura 1.1 (AMIPCI, 2017), además, el *e-commerce* representa actualmente cerca del 2 % del PIB nacional, con fuertes posibilidades de alcanzar un 8 % en un futuro próximo (Valencia y Olivarez, 2017).

En este contexto, la estrecha relación que guarda la logística con la dinámica *e-commerce*, se entiende que al canal de distribución en esta última como pieza fundamental, debido a que se convierte en la principal interacción física entre proveedores y clientes.

Por lo anterior, es de suma importancia analizar cuales son las ventajas y desventajas que tiene una empresa productora al elegir determinado canal de distribución, debido a que un buen sistema de distribución permite, entre otras cosas, aumentar las ventas, reducir inventarios, disminuir costos y satisfacer a los clientes.

Ahora bien, en las condiciones actuales de globalización, para que una PyME pueda dar el salto a la internacionalización operando principalmente como *e-commerce* (ya sea porque el mercado se lo demanda o por el deseo propio de expandirse a donde haya negocio para llegar a un mayor de número de clientes) se

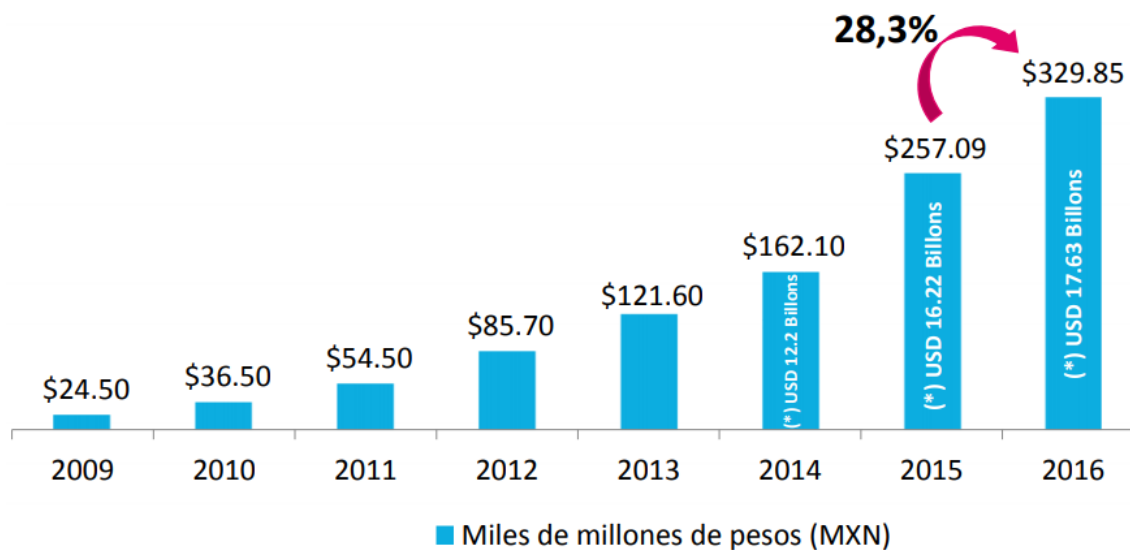


Figura 1.1: El comercio electrónico en México.

Fuente: AMIPCI (2018)

requiere ser cuidadoso para encontrar el mejor canal de distribución que cumpla con las condiciones antes mencionadas, y que además se pueda mantener un buen nivel de servicio. Una decisión así debe considerar diversos criterios, como las características propias de la empresa, del mercado y de las opciones que se tienen.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Ser una PyME en México es todo un reto, pero hay algunas que han logrado aprovechar las bondades de la evolución tecnológica y han podido desarrollar su mercado utilizando a internet como plataforma principal para comerciar. Cuando el producto es bueno y logra destacar, es natural que clientes, tanto nacionales como internacionales, se interesen en él, y deseen hacerse del mismo. En el caso de los clientes internacionales puede suponer un verdadero reto hacerles llegar el producto. Y es aquí donde surge el problema, existe una base de clientes potenciales en el extranjero, pero también ciertas dificultades, como el tiempo de entrega y los costos,

que siguen frenando la expansión.

1.2 OBJETIVO

Crear una herramienta de apoyo para la toma de decisiones en la selección de un proveedor de servicios de distribución para empresas que funcionen como *e-commerce*, realizando un análisis basado en FAHP (*Fuzzy Analytic Hierarchy Process*).

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los criterios de selección para evaluar las alternativas de distribución en el extranjero mediante FAHP.
- Alinear los procedimientos internos de acuerdo al canal elegido (revisar políticas de inventarios), para probar el funcionamiento del canal de distribución y retroalimentar.

1.3 HIPÓTESIS

Apoyándose en la metodología de análisis de decisión FAHP se podrá seleccionar un proveedor de servicios de distribución, a partir de la evaluación de las opciones de distribución en el extranjero para empresas *e-commerce*, esto debido a que permitirá observar factores tanto cualitativos como cuantitativos, dando mayor validez a los resultados obtenidos.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la globalización y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's) han revolucionado la manera en la que se comercia, creando diferentes nichos de mercado englobados bajo el esquema de negocios *e-commerce*. Lo anterior ha posibilitado extender el alcance de ventas más allá de casi cualquier frontera. Para lograrlo no es necesario tener presencia física en el sitio, puede bastar asociarse con plataformas electrónicas especializadas, y que brinden los servicios de distribución, aunque para poder elegir al más adecuado, es fundamental conocer cuáles son las características de estos proveedores y evaluarlas de acuerdo a las necesidades y prioridades de la empresa que requiere estos servicios de distribución.

En México existen 4.2 millones de unidades económicas, de las cuales el 99.8 % son consideradas (PyMEs), aportando un 42 % del Producto Interno Bruto (PIB) y generando el 78 % del empleo en el país, por lo que representan un sector de alto impacto en el país. Si a lo anterior se considera que la tercer causa de fracasos en México para una PyME es la falta de un proceso de análisis (Gasca, 2014), podemos comprender la relevancia de elaborar este proyecto.

La herramienta desarrollada fue diseñada específicamente para empresas que operen como *e-commerce*, pero puede ser utilizada para otros aspectos referentes a la toma de decisión mientras se haga una correcta adaptación, y busca ponderar las principales características y realizar comparativos entre los diferentes proveedores de servicios de distribución en el extranjero. La importancia para estas empresas radica en que la premisa es hacer el producto físico tan disponible como el acceso al sitio donde se está comerciando, y esto supone hacer llegar los productos al cliente de manera segura, rápida y a bajo costo.

1.5 METODOLOGÍA

Para lograr el objetivo que se persigue se proponen los siguientes pasos:

1. Revisión de la literatura: Se dará contexto teórico observando las diferentes herramientas para la toma de decisiones multicriterio, permitiendo seleccionar aquella que se ajuste mejor a los objetivos trazados, además de realizar una búsqueda de los elementos a evaluar de acuerdo a investigaciones anteriores.
2. Análisis de caso: Se observará el estado actual de la empresa, describiendo su operación y el mercado en que se desarrolla, considerando áreas de oportunidad y ajustes para potenciar aún más sus cualidades (por ejemplo: ajustar inventarios).
3. Implementación de la herramienta y resultados: Se tomará la decisión del mejor canal de distribución y se acompañará en el proceso a la empresa para evaluar los resultados obtenidos.

1.6 ESTRUCTURA DE TESIS

La tesis se conforma por cinco capítulos, en el capítulo 1, introducción se presenta la importancia del *e-commerce* en el contexto actual de la logística y la cadena de suministro, y la necesidad de abordar la problemática de la toma de decisiones en el canal de distribución; en el 2 y 3, se hace la revisión de la literatura, que son los tópicos relacionados con la selección de proveedores, las principales metodologías de solución utilizadas y los casos en que se aplicaron, así como los indicadores clave de desempeño utilizados en la industria referida; y el funcionamiento de la herramienta, el capítulo 4, metodología, hace una explicación específica de la herramienta de solución, su funcionamiento, información requerida para su desarrollo y tratamiento

de los datos; en el capítulo 5, el análisis y resultados, donde se aplica la metodología a un caso práctico y se interpretan los resultados, y el capítulo 6 de conclusiones, se tiene una reflexión de todo lo realizado, las posibles adecuaciones y recomendaciones a trabajos futuros, además de la aportación sustancial del proyecto expuesto.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Como se mencionó anteriormente, la cadena de suministro incluye a todas las partes que tienen influencia en la satisfacción de la petición de un cliente, y para ello se apoya en la logística, que regula los flujos de información, bienes y dinero que hacen parte en estos procesos. En este contexto, la participación de un distribuidor se vuelve fundamental, ya que tendrá el contacto directo con los clientes, y existirá una relación codependiente en la cual ambos deben ganar.

Estas relaciones deben fijarse con miras a un futuro de largo plazo, donde ambos puedan apoyarse, y por tanto la toma de decisión para encontrar la mejor opción es un punto de inicio de suma importancia.

2.1 LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES

Con la ascendente tendencia de un mundo cada vez más digital, es natural que las reglas del juego cambien, pasando de las tradicionales ventas de mostrador, a la utilización de medios virtuales que facilitan la interacción cliente-proveedor, en la cual la disponibilidad y el tiempo de entrega de productos retoman mayor importancia. Además, se ha abierto una ventana que permite a jugadores de diferentes tamaños acceder a millones de potenciales clientes conectados, y para lograr

la satisfacción de los mismos y asegurar su crecimiento, deben valerse de diferentes medios.

Resulta aún más complicado cuando la empresa se dedica de lleno a la manufactura de su producto, y desconoce la parte logística, teniendo la necesidad de tercerizarla.

Existen diferentes alternativas con las cuales asociarse para distribuir tanto dentro como fuera del país, pero elegir la mejor opción requiere de un análisis comparativo en el cual saber definir qué es lo que se va medir y contra qué se va comparar, es decir, los indicadores clave de desempeño (KPI por sus siglas en ingles), para los cuales existen una gran cantidad de ellos a lo largo de la inmensa literatura disponible, por lo que se debe ser cautos en el proceso de búsqueda y definición (Leończuk, 2016), pudiéndose apoyar en categorizaciones probadas como: *Balanced Scorecard* (BSC) y el modelo SCOR (*Supply Chain Operations Reference Model*).

En la investigación de Ballesteros-Perez *et al.* (2013), destacan que algunos autores que para estimular la competencia y evitar el favoritismo, el contratante de un proveedor debe tener por principal objetivo la obtención de bienes al precio más bajo posible, aunque para una empresa que solo requiere de un servicio particular, esto va más allá.

En otro enfoque, puede entenderse que la selección de los proveedores debe estar centrada en la capacidad del proveedor para mejorar y trabajar bajo políticas de colaboración, sin dejar de lado las características valoradas tradicionalmente como la calidad, el servicio, el precio y los planes de pago.

Para determinar la estrategia y los métodos de selección de proveedores, y específicamente de servicios de distribución, se requiere conocer el contexto y las particularidades de la cadena de abastecimiento, la estrategia para la selección de proveedores y los métodos de selección (Sarache Castro *et al.*, 2009). Un método de decisión multicriterio resulta adecuado debido a que se consideran diversos factores, no solo el precio.

Es de considerar también, el modelo de negocios bajo el que opera una empresa del tipo *e-commerce*, y la oportunidad que la representa expandirse internacionalmente, apoyándose de los grandes como UPS o FedEx, o siguiendo con la inercia tecnológica que le pueden presentar herramientas enfocadas a sus necesidades, como Amazon (Delaney, 2016).

2.2 HERRAMIENTAS PARA LA TOMA DE DECISIÓN

Dada la complejidad que ha ido adquiriendo elegir una opción de entre una gran cantidad, además de tomar en cuenta el impacto que una decisión tendrá en su contexto, no es extraño, entonces, que a lo largo de los últimos años hayan aparecido múltiples herramientas que están enfocadas a ayudar a encontrar la mejor solución, cada una con sus propias cualidades y limitaciones. Si a esto se suma que la toma de decisiones se ha abordado como tema de estudio recurrente, puede resultar complicado elegir una en particular.

Para tomar decisiones, algunas empresas recurren a métodos empíricos basados en la experiencia y capacidad de los decisores, fundamentados en supuestos y conjeturas subjetivas que en ocasiones no encaminan al mejor resultado. Otras, conscientes de la necesidad de mejorar se han visto obligados a utilizar ciertas técnicas con base matemática que proporcionen a las organizaciones una mayor eficacia y eficiencia, no solo para tomar decisiones, sino para todas las áreas y departamentos.

Se entiende que un problema de decisión se produce cuando debe existir la selección de una alternativa dentro de un conjunto de acciones posibles, y que debe producir el mejor resultado bajo cierto(s) criterio(s) de optimización (Roy y Słowiński, 2013). Y es en el análisis de de criterios cuando es necesario hacer uso de una metodología que logre combinar los distintos factores, objetivos, actores y escalas concernientes en el proceso de toma de decisiones, sin dejar de lado la calidad, confiabilidad y consenso en los resultados. Como parte de las virtudes destacadas de

las metodologías multicriterio se encuentra la cantidad de variables que logran integrarse en el proceso de evaluación. El distintivo de cada metodología multicriterio radica en la transformación de las mediciones y percepciones de los decisores en una escala única, de modo de poder realizar comparaciones con los elementos y establecer órdenes de prioridad. En la Tabla 2.1 se muestran las principales herramientas de análisis multicriterio.

Tabla 2.1: Herramientas de análisis multicriterio

Abreviatura	Método
AHP	Proceso Analítico Jerárquico
ANP	Proceso de Red Analítica
COPRAS	Evaluación Compleja Proporcional
FSs	Conjuntos Difusos
TOPSIS	Técnica para el Orden de Preferencias por Similitud a Solución Real
VIKOR	Optimización multidisciplinar y solución de compromiso
UTA	Utilidades Aditivas
MCS	Simulación Monte Carlo
UT	Teoría de la Utilidad
GST	Teoría del Sistema Gris
MAUT	Teoría de la Utilidad Multicriterio
MAVT	Teoría del Valor Multiatributo

Pero, ¿cómo poder elegir el método más adecuado? Un primer paso es realizar una búsqueda de las herramientas aplicada específicamente a problemas similares al abordado en el proyecto, delimitándose a artículos indexados en bases de datos confiables, de dominio público dentro de la Universidad, Emerald, entre los más destacados, y tomando por palabras clave, tanto en español como en inglés, las siguientes: problemas de decisión, multicriterio, selección de proveedores. Los resultados se muestran en la Tabla 2.2. Es aventurado, sin embargo, concluir que un método es mejor que otro, por lo que se debe considerar al final, cual se adecua mejor a las características del problema actual, y entonces proceder a decantarse por uno u otro,

Tabla 2.2: Referencias en literatura

Método	Referencias	Porcentaje referencias
FAHP	Anagnostopoulos y Vavatsikos (2006), Chou <i>et al.</i> (2013), Jaskowski <i>et al.</i> (2010), Liu y Yan (2007), Nassar y Hosny, Park y Chul, San Cristóbal (2012), Topcu (2004), Trivedi <i>et al.</i> (2011), Wang y Liu (2013), Okeola y Sule (2012), Ambrasaitė <i>et al.</i> (2011), Saaty (2006),	40 %
ANP	El-Abbasy <i>et al.</i> (2013), Wang (2012)	5.7 %
Suma ponderada	Alhumaidi (2015), Awad y Fayek (2012), Bendana <i>et al.</i> (2008), Darvish <i>et al.</i> (2009), Horta <i>et al.</i> (2013), Li <i>et al.</i> (2007), Nieto-Morote y Ruz-Vila (2012), Plebankiewicz (2014), Plebankiewicz (2012), Plebankiewicz (2009), Wei y Guo (2011), Singh y Tiong (2005), Vahdani <i>et al.</i> (2013), Canbolat <i>et al.</i> (2007), Kailiponi (2010), Zabeo <i>et al.</i> (2011)	42.8 %
TOPSIS	(Arslan <i>et al.</i>), (Simanaviciene y Ustinovichius, 2010), (Wang <i>et al.</i> , 2009), (Kim <i>et al.</i> , 2013)	11.5 %

de los que se usan con mayor frecuencia se puede observar que los más utilizados son Suma Ponderada, FAHP, seguido de Topsis, con lo que se destaca su uso.

A continuación se exponen algunas las herramientas antes mencionadas, para lograr tener una mejor perspectiva de las mismas.

2.2.1 MÉTODO DE LA SUMA PONDERADA

El método de la suma ponderada es un método cuantitativo muy intuitivo que realiza la ponderación de las alternativas a partir del resultado de la sumatoria del producto del peso de cada variable (calculado por entropía o por ordenación simple), por el valor que toma para esa alternativa la variable correspondiente Aznar Bellver y Guijarro Martínez (2012).

Si bien requiere menos esfuerzo, su principal desventaja es que la importancia de cada criterio y factor de decisión no está pareada a un nivel de importancia

correlacional, y esto puede no ser conveniente teniendo en cuenta el contexto en que se desarrolla Konidari y Mavrakakis (2007).

2.2.2 TÉCNICA DE ORDEN DE PREFERENCIA POR SIMILITUD PARA SOLUCIÓN IDEAL (TOPSIS)

La técnica de orden de preferencia por similitud para solución ideal (TOPSIS) es un método de análisis de decisión multicriterio, que fue desarrollado originalmente por Hwang y Yoon (1981), y se basa en el concepto de que la alternativa elegida debe tener la distancia geométrica más corta desde la solución ideal positiva (PIS) y la distancia geométrica más larga desde la solución ideal negativa (NIS). Es un método de agregación compensatoria que compara un conjunto de alternativas identificando ponderaciones para cada criterio, normalizando puntajes para cada criterio y calculando la distancia geométrica entre cada alternativa y la alternativa ideal, que es la mejor puntuación en cada criterio. Una suposición de TOPSIS es que los criterios son monótonamente crecientes o decrecientes. Usualmente se requiere normalización ya que los parámetros o criterios a menudo son de dimensiones incongruentes en problemas de criterios múltiples.

Una desventaja es que su uso de distancia euclidiana no considera la correlación de atributos y por ello es difícil ponderarlos y mantener la coherencia del juicio, especialmente con atributos adicionales (Velasquez y Hester, 2013).

2.2.3 PROCESO ANALÍTICO EN RED

El Proceso Analítico en Red (*Analytic Network Process*, ANP) es un método de decisión multicriterio que fue desarrollado por Saaty que permite modelar un problema como una red de diferentes entidades y criterios de relación, no en jerarquías, como con el AHP. El ANP es una generalización del AHP. Este proceso permite

analizar las posibles interdependencias de las entidades y la modelación aproximada de una realidad (Wey y Wu, 2007).

De acuerdo con Baviera Puiga *et al.* (2014), el método ANP se compone de siete pasos principales:

1. Modelar el problema como una red
2. Realizar comparaciones pareadas entre elementos y matrices
3. Crear supermatriz no ponderada
4. calcular prioridades relativas entre clústeres
5. Ponderar bloques de supermatriz no ponderada
6. Normalizar matriz
7. Se eleva la supermatriz ponderada a potencias sucesivas hasta que sus entradas converjan y permanezcan estables.

Además, se hace uso del término dominancia para completar las matrices de comparación pareada en el ANP. Según Saaty (2001), dominancia significa mayor influencia con respecto a una cierta propiedad.

En ANP, se nombra como realimentación a la relación que existe entre los elementos de un mismo componente e interdependencia a la relación que existe entre elementos de distintos componentes.

Éste método es utilizado preferentemente cuando existen una gran cantidad de atributos que requieren ser considerados.

2.2.4 PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO

El Proceso Analítico Jerárquico, (por sus siglas en inglés *Analytic Hierarchy Process: AHP*) es una herramienta de decisión multicriterio también desarrollada por Tomas L. Saaty, que admite valores subjetivos percibidos por el individuo a una escala de razón en la que se reflejan las prioridades relativas de los elementos considerados.

Con esto se puede determinar con mayor facilidad la influencia en la decisión final de cada criterio (que resulta en un peso compuesto o factor de ponderación) asignándole valores a cada uno a través de comparaciones pareadas.

En este método existe la asignación de valores numéricos a las preferencias de la persona que toma la decisión (Benítez *et al.*, 2011). Estos valores permiten cuantificar el juicio de valor de la persona.

Para su utilización se empieza por crear una matriz cuadrada, donde el número de filas y columnas se define por los criterios considerados en la toma de decisión. Cada elemento de la matriz se le asigna un valor comprendido entre 9 «mucho más importante que»), 1 («igual de importante que») y $1/9$ («mucho menos importante que»). El autovector principal de la matriz, que representa el orden de prioridad de los factores, determina entonces los pesos de éstos, mientras que a partir del autovector máximo se puede obtener una medida cuantitativa de la fiabilidad de los valores asignados en la comparación entre pares de factores, como es la relación de consistencia (*Consistency Ratio* o CR). Si CR es menor o igual a 0.10 los valores asignados son satisfactorios. En caso contrario, éstos deberán ser evaluados nuevamente (Topcu, 2004).

El método AHP tiene el propósito de apoyar en la toma de decisiones brindando un marco de trabajo comprensible y racional para la estructuración de un problema; así como para la representación y cuantificación de sus elementos, con la intención de relacionarlos con los objetivos y evaluar las alternativas de solución (Pérez, 2013).

Esta técnica logra destacar por ser de las más utilizadas, debido a su sencillez de aplicación y flexibilidad (Tabla 2.2). Además, es una técnica fácilmente combinable con otros métodos, con frecuencia como un mecanismo para sopesar la importancia de los criterios que definen el problema de toma de decisiones.

2.2.5 FUZZY AHP

La herramienta AHP es combinada con los principios de lógica difusa para crear un método que incorpore la subjetividad del tomador de decisiones y tener como resultado una herramienta más robusta y flexible.

Los números difusos permiten considerar con un cierto grado de importancia relativa que un factor de la jerarquía tiene por sobre otro.

De las comparaciones realizadas se construye una matriz de comparaciones con números difusos, entre los que destacan los números triangulares y trapezoidales, aunque estos pueden variar de acuerdo al espectro que se busque cubrir en la escala. La mejor alternativa es obtenida consecuentemente a partir de un sistema de ranqueo para estos números.

La lógica difusa fue propuesta en 1965 por el matemático Lotfi Zadehen, y consiste en una forma de lógica alternativa a la lógica clásica. Sostiene que la imprecisión propia del pensamiento humano cumple un papel fundamental a la hora de calificar las cosas a nuestro alrededor (Rodríguez y Montoya, 2009).

Las decisiones tomadas en incertidumbre, es decir, aquellos en los que los objetivos, las restricciones y las consecuencias de las posibles acciones no se pueden conocer de manera concreta, están normalmente afectadas por un ambiente difuso derivado de información deficiente que se necesita para ello, así como de la subjetividad de las preferencias y el entorno empírico de los tomadores de decisiones (Rincón, 2011).

Para la toma de decisiones grupales, los valores que cada uno asigna a los diferentes criterios de decisión pueden diferir significativamente, por lo que cada decisor obtendrá un orden distinto en el conjunto de alternativas de decisión, dificultando aún más obtener una decisión final para todos los involucrados (Rosales, 2000). Para estos casos, la lógica difusa permite encontrar la preferencia grupal, obteniendo una decisión más representativa.

Una de sus desventajas es que los sistemas difusos a veces pueden ser difíciles de desarrollar. En muchos casos, pueden requerir numerosas simulaciones antes de poder ser utilizados la práctica. La teoría de conjuntos difusos se ha utilizado en aplicaciones para ingeniería, economía, medio ambiente, medicina y de administración (Balmat *et al.*, 2011).

Debido a que en AHP los factores son criterios que se utilizan para aumentar o disminuir la aptitud de una alternativa que está siendo evaluada, se requiere una estandarización complementada con lógica difusa que permite romper con las clasificaciones rígidas, ya que cada píxel se clasifica en cuanto al nivel que tiene entre los extremos de mínimo y máximo creando una escala continua para cada factor considerado. El proceso de ambiente difuso permite que los factores puedan ser combinados para obtener el mejor desempeño en la evaluación, previa ponderación de cada uno de ellos donde la suma total debe ser igual a 1 a través de la elaboración de una matriz de pares de variables que permite comparar la importancia de cada uno de los factores involucrados en relación con los otros (Eastman, 2001).

2.2.6 ELECCIÓN DE MÉTODO

De todo lo anterior podemos concentrar la información relevante como se muestra en la Tabla 2.3. Se observa que resulta adecuado el uso de FAHP, considerando las características del problema, y el requerimiento de una técnica que tome en cuenta la incertidumbre en la toma de decisiones.

Tabla 2.3: Comparativo de métodos de decisión multicriterio

Metódo	Ventajas	Desventajas	Áreas de aplicación
Suma Ponderada	Intuitivo para los tomadores de decisión, el calculo es simple	Las estimaciones reveladas no siempre reflejan la situación real, el resultado obtenido puede no ser lógico.	Negocios, finanzas, administración, agricultura. Complejidad del problema: muy bajo
TOPSIS	Es fácil de usar y programar, considera la opción ideal y antideal, para una clasificación completa.	El uso de distancia Euclidiana no considera la correlación de atributos; difícil de pesar y mantener la coherencia del juicio. Calificación de los criterios cercana, no exacta.	Ingeniería, sistemas de manufactura, negocios, mercadotecnia, medio ambiente, recursos humanos. Complejidad del problema: sencilla
ANP	Resolución de problemas a partir de decomposición en red. Calificación completa con puntajes.	Complicaciones en el proceso de decisión.	Tecnología, electricidad, energía. Complejidad del problema: Alta
FAHP	Fácil de usar; estructura jerárquica puede ajustarse fácilmente a diferentes tamaños de problemas, es flexible considera la imprecisión de la información. Presenta una calificación completa con puntajes	Interdependencia entre alternativas y criterios, posibles inconsistencias entre los juicios de clasificación.	Planeación, ingeniería, economía, medio ambiente, sociedad, administración. Complejidad del problema: Mediana / Ajustable

2.3 INDICADORES DE DESEMPEÑO

Como ya se analizó en la sección anterior, el método más adecuado al contexto actual es FAHP, que requiere criterios de comparación, donde serán de ayuda los KPIs como los valores buscados.

Es relevante recordar que son los indicadores de desempeño, dado que existen diferentes términos muy relacionados y son varios los autores que establecen estas mismas (Kerzner, 2011), por lo que se puede exponer lo siguiente:

- Medida: Número o cantidad que registra un valor directamente observable. Todas las medidas se componen de un número, que ofrece magnitud de la medida y una unidad de medida, que da un significado.

- Indicadores: factor o variable cuantitativa o cualitativa que establece un medio simple y fiable para medir logros, reflejar cambios relacionados con una intervención o para ayudar a evaluar el rendimiento de un actor del desarrollo.
- Métrica o medida o indicador de desempeño: Término genérico que abarca la base cuantitativa mediante el cual se establecen los objetivos y se evalúa el rendimiento. En el contexto de la medición y la gestión de rendimiento de estos términos se utilizan indistintamente.
- Indicador clave de rendimiento, comúnmente denominado por sus siglas en inglés KPIs (*Key Performance Indicator*): Indicador seleccionado como clave para supervisar el rendimiento de un objetivo estratégico, resultado o área clave importante para el éxito de una actividad o el crecimiento de la organización en general. Por lo general, los KPI son monitoreados y se reportan a través de cuadros de mando o informes de rendimiento.

Céntrandonos en los KPIs, podemos decir que «son métricas cuantificables que reflejan el desempeño de una organización en el logro de sus metas y objetivos» (Bauer, 2004). Estos reflejan los impulsores del valor estratégico en lugar de medir actividades y procesos comerciales no críticos. Los KPI permiten alinear todos los niveles de una organización (unidades de negocio, departamentos e individuos) con objetivos y puntos de referencia claramente definidos.

Ahora bien, los factores que deben considerarse para medir el desempeño de la cadena de suministro y que ayudan a conocer la capacidad de la cadena de suministro (Whitten *et al.*, 2012) son:

- Proporcionar productos y servicios de calidad adecuada en cantidades específicas y en el momento designado
- Minimizar el costo total de productos y servicios para el cliente final en el suministro

Para la creación y desarrollo de un sistema para medir el desempeño de la cadena de suministro, o de un punto particular de esta, se requiere la selección adecuada de indicadores. La medición del desempeño debe realizarse en un contexto particular considerando las dimensiones analizadas de los indicadores resultantes del propósito.

En el caso específico de la búsqueda de un distribuidor, el rendimiento de la cadena de suministro se define como la capacidad de la cadena de suministro para entregar el producto correcto en la ubicación correcta en el momento adecuado al menor costo de logística (Zhang y Okoroafo, 2015). Esta definición tiene en cuenta el momento de la entrega, el costo y el valor para el consumidor final.

Hay tres criterios básicos para la evaluación del desempeño (Estampe, 2014):

- Eficacia: La relación entre los resultados obtenidos y los objetivos perseguidos; está relacionado con el nivel de satisfacción del cliente con respecto a los recursos comprometidos para este fin.
- Eficiencia: La relación entre los esfuerzos y recursos involucrados en la operación y el valor real de utilidad como resultado de la acción; está vinculado al logro de objetivos a un costo menor
- Efectividad: Se relaciona con la satisfacción en los resultados.

Existen diferentes modos para diseñar los indicadores, desde la revisión de literatura que se asemeje al caso de estudio, o el uso de esquemas reconocidos como el BSC, que agrupa los KPIs en: procesos financieros, internos, innovación, mejora y clientes (Bullinger *et al.*, 2002). Este método es utilizado regularmente para evaluar las actividades de la compañía en el nivel estratégico, pero también se puede utilizar en la gestión de la cadena de suministro.

También suele hacerse uso del modelo SCOR, el cual está diseñado para la gestión de procesos comerciales que se extienden más allá de los límites de una sola

empresa. En esta se categoriza: planificación, abastecimiento, fabricación, entrega y devoluciones. Además, tiene en cuenta cinco atributos de rendimiento: confiabilidad, flexibilidad de respuesta, costo y eficiencia de administración de activos, que se describen a continuación (Ganga y Carpinetti, 2011).

Entendidos que existen diferentes maneras de determinar los KPIs que funcionarán como criterios de evaluación, se puede recurrir a un método frecuente y confiable: realizar una revisión de literatura que aborde problemáticas similares a las que se están estudiando, y a partir de aquí determinar los cuales son los de mayor impacto de acuerdo a los investigadores (Leończuk, 2016).

Se realizó la revisión de 63 artículos en bases confiables, y se dió una homogenización de términos para obtener resultados más concretos. La revisión consideró artículos que abordan el tema de los principales indicadores de desempeño para la selección de un proveedor de distribución, en donde las palabras clave de búsqueda fueron: KPI, distribución, comercio electrónico, tanto en español como en inglés, buscando principalmente, pero no limitado, en las bases a disposición abierta de la UANL, considerando artículos de 2010 en adelante, con lo que se obtuvo la Tabla 2.4.

La flexibilidad de la herramienta permite utilizar como referencia tantos criterios como se consideren necesarios para llegar a la mejor decisión. Estos criterios se pueden dividir en elementos que faciliten el análisis.

Por lo anterior se determinó que la categorización de los KPIs debe estar alineada al objetivo que se persigue, encontrándose como preferente la categorización Beneficios, Costos, Oportunidades, Costos y Riesgos (BOCR), que fue presentado por Saaty (2006) como un modelo para sintetizar las prioridades de las alternativas, que permite una agrupación más uniforme de los KPIs y facilita a los decisores emitir sus juicios.

En la Figura 2.1 se muestra la estructura base para la realización de las comparaciones que determinarán los pesos de acuerdo a la importancia, a partir de la

Tabla 2.4: KPIs más relevantes en la literatura

KPI	Autores
Alcance geográfico	Tsai-Ti y James, (2016), Ankit y Kumar (2014), Weber <i>et al.</i> (2015), Zhang <i>et al.</i> (2014), Bayazit (2015), Arroyo <i>et al.</i> (2006), Kumar (2014), Ruth (2011), Senthil. <i>et al.</i> (2014), Alkhatib <i>et al.</i> (2015), Sanjay y Ravi (2007), Kumar (2015), Tugrul <i>et al.</i> (2012).
Calidad	Sureshchandar <i>et al.</i> (2012), Tsai-Ti y James (2016), Abhijeet <i>et al.</i> (2017), Aladwani <i>et al.</i> (2011) , Ankit <i>et al.</i> (2015), Dowlatsahi (2010), Bottani, y Rizzi (2016), Wen (2013), Ankit Bansal, Pravin Kumar (2014), Weber <i>et al.</i> (2015), Zhang <i>et al.</i> (2014), Kannan (2011), Meade y Sarkis (2012), Luyanxia (2010), Anand y Grover (2015), Banomyong (2011), Senthil Tsai-Ti y James, (2016), Ankit y Kumar (2014), Weber <i>et al.</i> (2015), Zhang <i>et al.</i> (2004), Bayazit (2015), Arroyo <i>et al.</i> (2016), Kumar (2014), Ruth (2011), Senthil. <i>et al.</i> (2014), Alkhatib <i>et al.</i> (2015), Sanjay y Ravi (2017), Kumar (2015), Tugrul <i>et al.</i> (2012)., William (2012).
Capacidad de envíos	Sureshchandar (2012), Tsai-Ti y James (2016), Halder <i>et al.</i> (2017), Jiun-Sheng (2012), Weber, <i>et al.</i> (2015), Dowlatsahi (2010), Anderson <i>et al.</i> (2011). Wen (2013), Karagul y Murat (2017), Zhang <i>et al.</i> (2004), Kent y Parker, (1999), Mentzer (2011), Govindan y Murugesan (2011), Kasture <i>et al.</i> (2008), Meade y Sarkis (2012), Anand y Grover (2015), Bhattir <i>et al.</i> (2010), Banomyong (2011), Senthil, <i>et al.</i> (2014), O'Brien (2006), Jharkharia y Shankar (2007),Sharma (2015), Perçin (2009), Choi y Hartley (2015)
Costo	Sureshchandar <i>et al.</i> (2012), Tsai-Ti y James (2016), Halder <i>et al.</i> (2017), Ankit y Kumar.(2014), Beamon (2015), Birgul y Nihan (2015), Weber <i>et al.</i> (2015), Chen y Wu (2011), Chunguang Bai, Joseph Sarkis (2014), Dieter Fink (2016), Dowlatsahi (2010), Anderson (2011), Bottani y Rizzi (2016), Cakir (2010), Stewart (2015), Karagul y Murat (2017), Zhang <i>et al.</i> (2014), Kent y Parker, (2010), Murugesan (2011), Van Thai (2013), Van Thai (2015), Padrón-Robaina (2016), Luyanxia (2008), Ackerman, (2015), Varsei (2014), Grover (2015), Bayazit (2015), Arroyo y Gaytan (2016), Kumar (2014), Kumar (2010), Banomyong (2011), Ramesh (2014), O'Brien (2016), Nguyen (2015), Jharkharia, Ravi Shankar (2017), Sharma (2015), Majumdar (2013), Chavusholu (2008), Choi y Hartley (2010), Balasubramanian, (2012), Vaidyanathan (2015) , Emrouznejad (2012).
Infraestructura	Tsai-Ti y James (2016), Chen (2014), Bottani y Rizzi (2006), Stewart (2015), Wen (2013), Albayrakoglu (2017), Zhang (2014), Parker, (2010), Murugesan (2011), Sarkis (2002), Grover, (2015) , Kumar (2014), Kumar (2010), Banomyong (2011), Ramesh (2014), Shankar (2017), Sharma (2015), Chavusholu (2010).
IT	Palvia (2001), Kumar (2014), Birgul (2015), Weber (2015), Dowlatsahi (2010), Wen (2013), Albayrakoglu (2007), Zhang (2004), Vafadarnikjoo (2016), Murugesan (2011), Luyanxia (2017), Grover, (2015), Ozden Bayazit (2015), Yasin (2011), Arroyo y Gaytan (2016), Kumar (2014), Kumar (2010), Banomyong (2011), Ramesh (2014), Nguyen (2015), Shankar (2017), Sharma (2015), Majumdar (2013), Perçin (2009), Hartley (2015), Balasubramanian, (2012), Vaidyanathan (2015), Emrouznejad (2012).
Satisfacción del cliente	Benton (2015), Wu (2011) , Fink (2016), E Cakir,(2010), Murugesan (2011), Padrón-Robaina (2016), Luyanxia (2010), Ackerman, (2015), Sarkis (2014), Banomyong (2011), Nguyen (2015), Shankar (2007), Majumdar (2013), Hartley (2015), Balasubramanian, (2012)
Servicio al cliente	Anantharaman (2002), Kamble, (2017), Kadabayi, (2015), Benton (2015), Fink (2006), Keating (2011), Rizzi (2006), Stewart (2005), Albayrakoglu (2017), Parker, (2010), Vafadarnikjoo (2016), Kasture et al (2008), Goh (1998), Boer (2006), Kumar (2014), Kumar (2010), Banomyong (2011), Ramesh (2014), Nguyen (2015), Sharma (2015), Majumdar (2013), Cho (2013), Chavusholu (2013), Hartley (2015)
Situación económica financiera	Benton (2015), Wu (2011), Rizzi (2006), Cakir, (2010), Wen (2013), Parker, (2010), Amin Vafadarnikjoo (2016), Kasture et al (2010), Ackerman, (2015), Yasin (2011) , Boer (2006), Ramesh (2014), Nguyen (2015), Shankar (2017), Sharma (2015), Majumdar (2013), Perçin (2010), Cho (2010), Hartley (2015), Balasubramanian, (2012)
Tiempo de entrega	Anantharaman (2012), Sarkis (2014), Fink (2016), Zhang (2004), Mentzer (2011), Murugesan (2011), VanThai (2013), VanThai (2015) , Goh (2015), Grover, (2015), Kumar (2010), Juriado (2014), Ramesh (2014) Hartley (2015).

aplicación de encuestas y el procesamiento de la información.

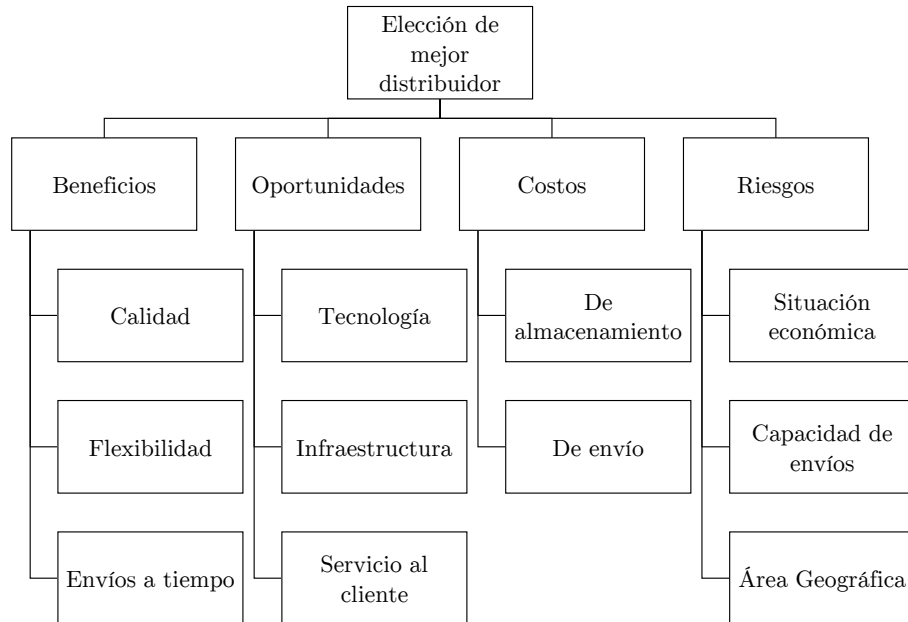


Figura 2.1: Categorización

2.4 CASOS DOCUMENTADOS FAHP

2.4.1 UN MODELO DE SELECCIÓN DIFUSO DE PROVEEDORES CON LA CONSIDERACIÓN DE BENEFICIOS, OPORTUNIDADES, COSTOS Y RIESGOS

En este proyecto, expuesto por Lee (2009), existe un enfoque práctico y se encamina a la búsqueda de una metodología sistemática que se adapte a diversas necesidades y preferencias para seleccionar a un proveedor, tomando en cuenta los posibles beneficios y riesgos.

Se resalta el valor que tiene mirar a los proveedores como socios y desarrollar relaciones beneficiosas a largo plazo, considerando todas las implicaciones, y hace

énfasis en el avance que se observa en la literatura.

El caso de estudio es una empresa tailandesa de la industria de LCD, donde la dirección deberá seleccionar proveedores que optimicen el rendimiento de la empresa y los criterios de control son los objetivos.

Para ello se realiza una jerarquía de control para evaluar la importancia relativa de las beneficios (B), oportunidades (O), costos (C) y de riesgo (R). Los criterios de control son verificados por expertos para capturar mejor las preocupaciones principales de empresas fabricantes acerca de la selección de proveedores.

Mediante la aplicación del modelo, los tomadores de decisiones pueden evaluar el desempeño esperado de cada proveedor en varios factores y logran determinar la clasificación general de los proveedores, eligiendo al de mejor posición. El modelo también ofrece la importancia de los factores que los tomadores de decisiones deben considerar en la selección de proveedores.

Al aplicar el modelo, los responsables de la toma de decisiones pudieron evaluar el desempeño esperado de cada proveedor sobre diversos factores y, así lograron determinar la clasificación general de los proveedores. El modelo también proporcionó la importancia de los factores que los responsables de la toma de decisiones deben considerar en la selección de proveedores. Por último, es de resaltar que el modelo también se puede modificar según lo requiera una empresa en cualquier otra industria para ayudarlo a seleccionar el mejor proveedor o proveedores.

2.4.2 MODELO PARA LA GESTIÓN DE PROVEEDORES UTILIZANDO AHP DIFUSO

Un ejemplo local de aplicación de la herramienta es el descrito por Plazola *et al.* (2012), quién modela el proceso de selección de proveedores utilizando FAHP en una pequeña empresa del sector farmacéutico veterinario. Analiza la red de abaste-

cimiento y ciclo productivo de la empresa con la finalidad de establecer el eslabón de mayor peso, el que afecta la elaboración de productos con el mejor precio, calidad y entrega a tiempo.

Los resultados fueron satisfactorios, definiendo: sistema de calidad, evaluación de desempeño, criterios de entrega, consistencia manufacturera y estructura de negocio.

Además, el atributo sistema de calidad se consideró como crítico dentro del estudio. El atributo considerado como evaluación del desempeño es también una medida crítica para evaluar el mejor proveedor en la industria farmacéutica veterinaria, debido a que el precio es muy importante para lograr cierta ventaja competitiva en una industria donde los productos no son muy diferenciados.

Con esto se logra comprobar que la efectividad de la herramienta no mengua a pesar del tamaño de la empresa. También se observa que el problema de la selección de proveedores con la información analizada durante la revisión de literatura debe considerar las necesidades y objetivos de la empresa, lo que a su vez permitirá definir los indicadores para comparar a cada candidato.

Se considera la importancia de la categorización de indicadores a partir de las necesidades y objetivos que se persiguen, en este caso la evaluación de posibles distribuidores, el contexto en que se desarrolla el proyecto, es decir las condiciones del comercio electrónico en México, y su proyección como vía de exportación.

Además, se observa un amplio nivel de aceptación para el FAHP, como una técnica probada con excelentes resultados, con lo que se tienen las bases en el desarrollo metodológico del proyecto.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN FAHP

En el capítulo anterior se brinda un repaso por la literatura, en donde se logró observar las ventajas que presenta el uso de herramientas con base matemática, y en concreto, cómo FAHP ha brindado resultados satisfactorios.

Desde luego cada caso es único, pero es posible apoyarse en las experiencias pasadas para adaptarlas a las circunstancias y obtener buenos resultados.

En este apartado se muestra el camino trazado para alcanzar los objetivos propuestos en el proyecto, que resultarán en la elección de la mejor opción para lograr la distribución adecuada en el extranjero para una PyME *e-commerce*.

3.1 DEFINIR EL OBJETIVO

De acuerdo a los protocolos de investigación, el primer paso es la definición del problema para trazar uno o más objetivos, debido a que esto permitirá delimitar el alcance del proyecto y alinear los esfuerzos para que éste se lleve a cabo.

La definición del problema permite identificar las alternativas de solución, y considerar aquellas que satisfacen el objetivo que se persigue de acuerdo a un juicio previo de los mismos, lo que nos introduce en este caso en particular al problema

de toma de decisión, el cual fue analizado en el capítulo anterior, y en donde se determinó que la herramienta proceso analítico jerárquico difuso es la mejor opción.

3.2 HERRAMIENTA DE SOLUCIÓN FAHP

En el problema de toma de decisiones, los juicios emitidos por los decisores con respecto a las alternativas y criterios, pueden ser convertidos en números difusos para calcular la importancia de los pesos usando el AHP; estos números son usados para construir la matriz de comparación por pares del AHP.

En el AHP convencional, la comparación por pares es hecha usando una escala de nueve puntos, la cual representa los juicios o preferencias de quienes toman decisiones entre diferentes opciones. Aunque esta escala discreta de uno a nueve, es simple y fácil de usar, no tiene en cuenta la incertidumbre asociada a los juicios humanos.

Aplicando *Fuzzy* AHP, se puede obtener la importancia de los criterios de calificación y por ende la mejor alternativa. Los pasos necesarios para su implementación se describen a continuación.

Los datos de entrada se obtendrán como las preferencias en el sector a los KPIs más importantes observados en el capítulo anterior. En este punto debe realizarse un cuestionario, el cual debe ser claro y en lenguaje sencillo para evitar confusión en el decisor. El cuestionario debe estar diseñado para realizar las comparaciones pareadas que permitan conocer el nivel de importancia de cada elemento, utilizando la escala previamente descrita.

Es recomendable que estas encuestas sean aplicadas a por lo menos 5 expertos, lo que a su vez facilita encontrar un consenso con mayor facilidad. Si bien no existe un número preferente de expertos, se debe ser cuidadosos al momento de establecer a las personas que fungirán como participantes expertos en la prueba Ω .

Para su validación, la información obtenida deberá pasar la prueba de consistencia lógica, y a continuación se podrá evaluar a los candidatos, con lo que se obtendrán calificaciones acordes a la herramienta utilizada.

3.2.1 DESARROLLO DE LA ESTRUCTURA JERÁRQUICA PARA LOS CRITERIOS Y ALTERNATIVAS

El uso de AHP requiere estructurar los criterios de evaluación y las alternativas en diferentes niveles de jerarquía. Es recomendable construir un esquema de árbol que resuma las interrelaciones entre los componentes del problema que se quiere resolver.

Se inicia colocando el objetivo principal, y en los niveles inferiores se muestra el conjunto de criterios o subcriterios y por último las alternativas. No hay limitantes en la cantidad de niveles ni al número de elementos de cada nivel.

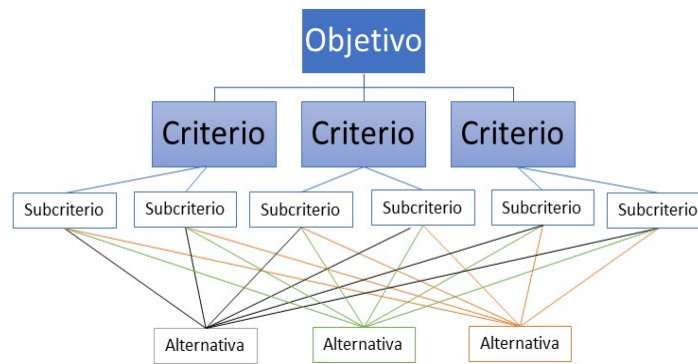


Figura 3.1: Estructura jerárquica

3.2.2 ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES

Con la jerarquía bien estructurada, ahora debe realizarse la conversión de la escala de Saaty a una de números triangulares difusos, de acuerdo con la Tabla 3.1.

Los números triangulares M_1, M_3, M_5, M_7 y M_9 se utilizan para representar los juicios de igual a extremadamente preferido o importante, y los valores M_2, M_4, M_6 y M_8 representan puntos intermedios como lo muestra la Figura 3.2.

Existe una proporción entre el valor de δ y el grado difuso del juicio. Por ejemplo, cuando $\delta = 0$, el juicio no es un número difuso. Este valor por lo regular debe ser mayor o igual a $1/2$. Para la representación de la escala difusa se recomienda que el valor de δ sea igual a uno por defecto.

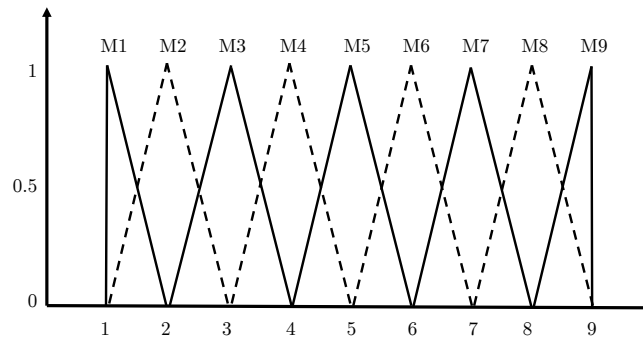


Figura 3.2: Números triangulares

La Tabla 3.1 muestra el número triangular $M_t = (l_t, m_t, u_t)$ donde $t = 1, 2, \dots, 9$ y donde m_t es el valor medio del número difuso; y l_t y u_t son el valor más bajo y más alto, respectivamente. δ es utilizado para representar un grado difuso del juicio donde $u_t - m_t = m_t - l_t = \delta$.

Por ejemplo, para un peso moderadamente importante, se asigna un 3, por lo que $m_t = 3$ y $l_t = 2, u_t = 4$.

3.2.3 CONSTRUCCIÓN DE LAS MATRICES DE JUICIO DIFUSO PARA EL AHP

Ya con una jerarquía establecida y haciendo uso de la escala difusa se procede a la construcción de las matrices de juicio.

Tabla 3.1: Escala de Saaty en números triangulares

Escala de Saaty	Definición	Escala Fuzzy AHP
1	Igual importancia	1,1,1
3	Moderada importancia de un elemento sobre otro	2,3,4
5	Fuerte importancia de un elemento sobre otro	4,5,6
7	Muy fuerte importancia de un elemento sobre otro	6,7,8
9	Extremada importancia de un elemento sobre otro	9,9,9
2	Valores intermedios o de compromiso	(1,2,3)
4		(3,4,5)
6		(5,6,7)
8		(7,8,9)

A continuación, se requiere comparar los elementos en las categorías definidas para encontrar sus niveles de importancia relativa con respecto a otro elemento del nivel superior. Aquí se utilizan los números triangulares de M_1 a M_9 para expresar las preferencias entre diferentes criterios con respecto al objetivo. Por ejemplo, si un decisor opina que el criterio i es moderadamente preferido al criterio j con respecto al objetivo, entonces se establece una calificación $a_{ij} = (2, 3, 4)$; además, no debe olvidarse que la comparación de j con respecto a i debe ser inversa $a_{ji} = (1/4, 1/3, 1/2)$; esto con el fin de que el juicio sea consistente.

De estas primeras calificaciones resulta una matriz de comparación pareada entre criterios en relación al objetivo, tal como se observa en la Tabla 3.2. Estas matrices deben construirse en cada uno de los niveles de la jerarquía, utilizando la misma dinámica, obteniendo matrices de comparación entre los subcriterios en rela-

ción a cada uno de los criterios y entre las alternativas en relación a los subcriterios.

Tabla 3.2: Matriz de construcción de jerarquías por comparación

Meta	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4
Criterio 1	$a_{1,1} = (1, 1, 1)$	$a_{1,2}$	$a_{1,3}$	$a_{1,4}$
Criterio 2	$a_{2,1}$	$a_{2,2} = (1, 1, 1)$	$a_{2,3}$	$a_{2,4}$
Criterio 3	$a_{3,1}$	$a_{3,2}$	$a_{3,3} = (1, 1, 1)$	$a_{3,4}$
Criterio 4	$a_{4,1}$	$a_{4,2}$	$a_{4,3}$	$a_{4,4} = (1, 1, 1)$

El valor geométrico difuso para cada vector se expresa $\tilde{r}_1 = \left(\prod_{j=1}^n \tilde{a}_y \right)^{1/n}$, $i = 1, 2, \dots, n$ donde \tilde{r} representa un valor triangular.

Para encontrar el peso difuso de cada criterio i \tilde{w} , se puede recurrir al método de análisis de extensión (Chang, 1996), donde se tiene cada objeto y se desarrolla el análisis extendido para cada uno de ellos. Con lo anterior, pueden obtenerse los valores del análisis extendido m para cada objeto, como:

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

donde todo $M_{gi}^j, \forall j = 1, 2, \dots, m$ son números difusos triangulares.

El análisis se resume en los siguientes pasos:

Paso 1: El valor del i -ésimo objeto del análisis extendido es definido como:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=j}^n \sum_{i=j}^m M_{gi} \right]^{-1}$$

Para obtener $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$, se debe desarrollar la operación de adición de números difusos de los valores del análisis extendido m para una matriz particular, tal que:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right)$$

La matriz inversa de la ecuación anterior, se calcula como:

$$\left[\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m M_{ji}^j \right]^{-1} = \frac{1}{\sum_{j=1}^n u_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^n m_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^n l_j}$$

Paso 2: El grado de posibilidad de que $M_2 \geq M_1$ es definido como

$$V = (M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_1}(y))]$$

donde existe un par (x, y) de tal forma que $y \geq x$ y $\mu_{M_1}(x) = \mu_{M_1}(y)$, luego se tiene $V(M_2 \geq M_1) = 1$. Dado que $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ y $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ son números difusos convexos, se tiene que $V = (M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = f(x)$

$$f(x) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1 \\ 0 & l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{de otra manera} \end{cases}$$

Donde d es la ordenada del punto de intersección más alto D ubicado entre μ_{M_2} y μ_{M_1} , tal como se muestra en la Figura 3.3.

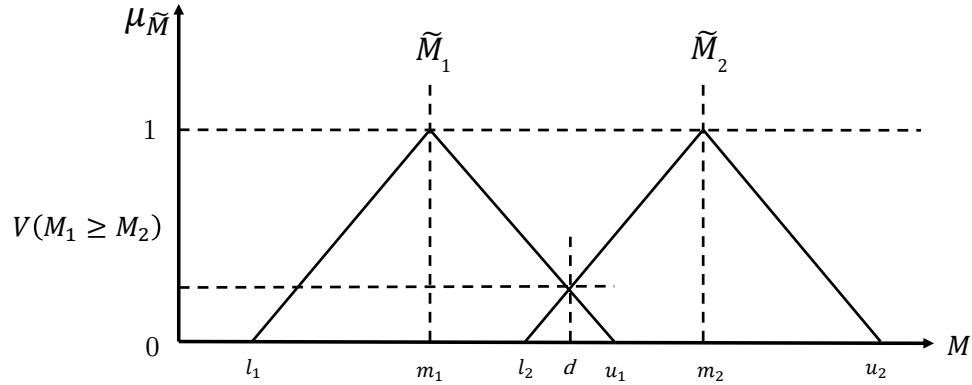


Figura 3.3: Intersección M_1 y M_2

Para comparar M_1 y M_2 es necesario conocer $V(M_1 \geq M_2)$ y $V(M_2 \geq M_1)$.

Paso 3: El grado de posibilidad para que un número difuso convexo sea mayor k números convexos M_i ($i = 1, 2, 3, \dots, k$), es definido como:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, \dots, k$$

Se asume que, $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$.

El vector esta dado por $W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$ donde $A_i, (i = 1, 2, \dots, n)$.

Paso 4: Vía de normalización, el vector de pesos normalizado es

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$$

Donde W ya no es un número difuso, sino el conjunto de los pesos ponderados de cada matriz (Büközkan *et al.*, 2004).

Lo anterior se realiza para encontrar los pesos normalizados de los criterios y las alternativas. Luego, al multiplicar cada peso alternativo con los criterios relacionados, se calculan los puntajes para cada alternativa. De acuerdo con estos resultados, la alternativa con el puntaje más alto es la sugerida al tomador de decisiones.

3.2.4 CONSISTENCIA LÓGICA

Posterior a la creación de la matriz de comparaciones relativas de la sección anterior, se debe validar la consistencia en la fijación de las prioridades. Para ello se requiere conocer el índice de consistencia, que busca asegurar la congruencia de los juicios de las personas que los realizan.

Una matriz $A \ n \times n$ es consistente si $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}, (\forall \ i, j, k = 1, 2, \dots, n)$

Es necesario calcular la razón de consistencia (RC), que permite cuantificar el nivel de consistencia, y se expresa como:

$$(RC) = \frac{\text{Índice de Consistencia}(IC)}{\text{Índice Aleatorio}(IA)}$$

donde $(IC) = \frac{\lambda Max - n}{n-1}$ y λ es el valor promedio de los valores del vector propio de cada matriz.

Para los valores del índice aleatorio existen valores ya definidos como se muestra en la Tabla 3.3

Tabla 3.3: Valores de IC

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Resulta complicado alcanzar una consistencia perfecta y debe recordarse que en la mayoría de conjuntos de comparaciones existirán inconsistencias, esto como consecuencia de los juicios emitidos por seres humanos (Toskano, 2005). Por ello se tienen por buenas razones de consistencia a niveles inferiores al 10 %. Si la razón de consistencia está por encima del 10 %, es recomendable revisar los juicios, corrigiendo aquel que más se aleja de la razón dada por las prioridades relativas correspondientes (Moreno, 2001).

CAPÍTULO 4

APLICACIÓN FAHP

FAHP trabaja alineando los esfuerzos a un objetivo principal, el cual esta delimitado por la empresa caso de estudio, y se entiende como la elección del mejor distribuidor en el extranjero. Las características que este debe tener se han definido con anterioridad, en la revision de literatura para los KPIs y agrupados en BOCR, facilitando la toma de decisión.

4.1 CUESTIONARIO

Como parte fundamental de la metodología esta la obtención de los datos de entrada. Estos han sido encontrados a través de la aplicación de cuestionarios sencillos e intuitivos, que fueron colocados en la plataforma en línea Google Formularios, para su aplicación vía electrónica, a empresas con por lo menos 2 años de experiencia en el comercio electrónico, específicamente a personas involucradas en la toma de decisión en el aspecto de la distribución.

El diseño del cuestionario permite comparar un criterio contra otro dentro de un mismo nivel, facilitando su relleno.

Por ejemplo, en el primer nivel de categorías están Beneficios, Oportunidades, Costos y Riesgos, por lo que deben compararse uno contra otro:

- Beneficios contra Oportunidades
- Beneficios contra Costos
- Beneficios contra Riesgos
- Oportunidades contra Costos
- Oportunidades contra Riesgos
- Costos contra Riesgos

Tomando la primer comparación, Beneficios contra Oportunidades, se tiene en el cuestionario como se muestra en la Figura 4.1.

¿Qué categoría considera más importante?

- ☐ Beneficios
- ☐ Oportunidades
- ☐ Son iguales

¿Qué tanta importancia tiene la que eligió?

- ☐ Moderada
- ☐ Fuerte
- ☐ Muy fuerte
- ☐ Extrema

Figura 4.1: Muestra de cuestionario en línea BO

En caso de contestar la opción *son iguales*, se asigna un 1, en caso de decantarse por uno u otro, pasa a la siguiente cuestión, en donde se asigna un valor numérico a la opción elegida de acuerdo con la escala establecida.

A partir de aquí se realizó el vaciado de las respuestas, para aplicar el análisis extendido de Chang (1996), y verificar el Índice de Consistencia. Este procedimiento se aplicó a todos los criterios y subcriterios.

4.2 ANÁLISIS EXTENDIDO DE CHANG

La información obtenida de los expertos se muestra en las columnas centrales de la Tabla 4.1, donde se sigue con el ejemplo del primer nivel de categorías. Además se muestra la conversión a números difusos. A continuación los pasos.

Tabla 4.1: Concentrado de opiniones de expertos en números difusos

Criterios	Beneficios			Oportunidades			Costos			Riesgos		
Beneficios	1,1,1			2	3.00	4	1/6	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2
				4	5.00	6	1/8	1/7	1/6	1	1	1
				2	3.00	4	1/6	1/5	1/4	1/6	1/5	1/4
				6	7.00	8	1/8	1/7	1/6	1/4	1/3	1/2
				2	3.00	4	1/9	1/9	1/9	1/4	1/3	1/2
Oportunidades	1/4	1/3	1/2	1,1,1			1/9	1/9	1/9	1/8	1/7	1/6
	1/6	1/5	1/4				1/9	1/9	1/9	1/4	1/3	1/2
	1/4	1/3	1/2				1/8	1/7	1/6	1/9	1/9	1/9
	1/8	1/7	1/6				1/9	1/9	1/9	1/6	1/5	1/4
	1/4	1/3	1/2				1/8	1/7	1/6	1/9	1/9	1/9
Costos	4	5.00	6	9	9.00	9	1,1,1			1	1.00	1
	6	7.00	9	9	9.00	9				2	3.00	4
	4	5.00	6	6	7.00	8				2	3.00	4
	6	7.00	8	9	9.00	9				4	5.00	6
	9	9.00	9	6	7.00	8				2	3.00	4
Riesgos	2	3.00	4	6	7.00	8	1	1	1	1,1,1		
	1	1.00	1	2	3.00	4	1/4	1/3	1/2			
	4	5.00	6	9	9.00	9	1/4	1/3	1/2			
	2	3.00	4	4	5.00	6	1/6	1/5	1/4			
	2	3.00	4	9	9.00	9	1/4	1/3	1/2			

Paso 1: Encontrar el valor del i -ésimo objeto del análisis extendido, resultando la Tabla 4.2.

Paso 2: El grado de posibilidad de que $M_2 \geq M_1$ es definido como $V = (M_2 \geq M_1)$. En la Tabla 4.2, se pueden ver estos valores, y tomando como ejemplo

Tabla 4.2: Matriz S con valores de l, m, u

S	l	m	u
S_1	0.095	0.176	0.337
S_2	0.097	0.176	0.348
S_3	0.200	0.345	0.524
S_4	0.167	0.301	0.572

S_1 , y la condicional anterior, tenemos que al corroborar $m_2 \geq m_1 = 1$ se cumple.

Tabla 4.3: Comparaciones S

$S_1 > S_2$	1.00
$S_1 > S_3$	0.45
$S_1 > S_4$	0.58
$S_2 > S_1$	1.00
$S_2 > S_3$	0.47
$S_2 > S_4$	0.59
$S_3 > S_1$	1.00
$S_3 > S_2$	1.00
$S_3 > S_4$	1.00
$S_4 > S_1$	1.00
$S_4 > S_2$	1.00
$S_4 > S_3$	0.89

Paso 3: En este punto se elige el valor mínimo obtenido de las comparaciones con cada elemento S (Tabla 4.3), hechas en el paso anterior, quedando definidos los valores: $S_1 = 0.45$, $S_2 = 0.47$, $S_3 = 1$ y $S_4 = 0.89$.

Paso 4: realizar la normalización, con lo que se obtiene Beneficios=0.16, Oportunidades=0.16, Costo=0.35 y Riesgos=0.31.

A continuación se presentan los resultados para los subcriterios.

- Para Beneficios (Tabla 4.4) se obtuvo que (S_1) Envíos a tiempo 10.7 %, (S_2) Calidad 44.6 %, (S_3) Flexibilidad 44.6 %

Tabla 4.4: Procedimiento resumido: Beneficios

S	l	m	u	Comparativo	Resultados	Valor mínimo	Peso normalizado
S_1	0.193	0.300	0.443	$S_1 > S_2$	0.24	0.21	0.10
				$S_1 > S_3$	0.21		
S_2	0.375	0.500	0.672	$S_2 > S_1$	1.00	1.00	0.44
				$S_2 > S_3$	1.00		
S_3	0.122	0.200	0.354	$S_3 > S_1$	1.00	1.00	0.44
				$S_3 > S_2$	1.00		

- Para Oportunidades (Tabla 4.5) obtuvo que (S_1) TICs 27.7 %, (S_2) Infraestructura 38.7 %, (S_3) Servicios 33.4 %

Tabla 4.5: Procedimiento resumido: Oportunidades

S	l	m	u	Comparativo	Resultados	Valor mínimo	Peso normalizado
S_1	0.178	0.311	0.547	$S_1 > S_2$	0.83	0.21	0.277
				$S_1 > S_3$	0.99		
S_2	0.220	0.373	0.595	$S_2 > S_1$	1.17	1.16	0.387
				$S_2 > S_3$	1.16		
S_3	0.182	0.315	0.578	$S_3 > S_1$	1.00	1.00	0.334
				$S_3 > S_2$	1.00		

- Para Costos (Tabla 4.6) se obtuvo que (S_1) Envíos 57.8 %, (S_2) Almacenamiento 42.19 %

Tabla 4.6: Procedimiento resumido: Costos

S	l	m	u	Comparativo	Resultados	Valor mínimo	Peso normalizado
S_1	0.319	0.642	0.939	$S_1 > S_2$	1.00	1.00	0.578
S_2	0.167	0.357	0.762	$S_2 > S_1$	0.73	0.73	0.421

- Para Riesgos (Tabla 4.7) se obtuvo que (S_1) Situación económica 28 %, (S_2) Área geográfica 38.3 %, (S_3) Capacidad de envíos 33.3 %

Tabla 4.7: Procedimiento resumido: Riesgos

S	l	m	u	Comparativo	Resultados	Valor mínimo	Peso normalizado
S_1	0.178	0.311	0.547	$S_1 > S_2$	0.84	0.21	0.28
				$S_1 > S_3$	0.99		
S_2	0.220	0.373	0.595	$S_2 > S_1$	1.18	1.16	0.38
				$S_2 > S_3$	1.16		
S_3	0.182	0.315	0.578	$S_3 > S_1$	1.00	1.00	0.33
				$S_3 > S_2$	1.00		

4.3 CONSISTENCIA LÓGICA

Para obtener la razón de consistencia(RC), se debe $(RC) = \frac{\text{Índice de consistencia}(IC)}{\text{Índice aleatorio}(IA)}$

Recordando que $(IC) = \frac{\lambda Max - n}{n-1}$ y λ es el valor promedio de los valores del vector propio de cada matriz.

Para esto, a partir de la matriz de pesos promedios, se sacan los valores totales de cada columna y los valores de la matriz normalizada, promediando y obteniendo los valores del vector propio, para multiplicar los totales con los vectores y obtener λMax , como se observa en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8: Matriz Normalizada

Criterios	Beneficios	Oportunidades	Costo	Riesgos	Matriz Normalizada				Vector
Beneficios	1.00	1.76	0.42	0.68	0.19	0.22	0.17	0.19	0.19
Oportunidades	0.57	1.00	0.36	0.43	0.11	0.13	0.15	0.12	0.12
Costo	2.37	2.79	1.00	1.47	0.44	0.35	0.41	0.41	0.40
Riesgos	1.47	2.32	0.68	1.00	0.27	0.30	0.28	0.28	0.28

Lo anterior resulta en $\lambda Max = 4.02$ y así poder calcular

$$IC = \frac{4.02-4}{4-1} = 0.005371.$$

Para los valores del Índice aleatorio existen valores ya definidos como se muestra en la Tabla 4.9

Tabla 4.9: Valores Índice Aleatorio

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Tomando el valor referido para 4 criterios, se tiene que $RC = \frac{0.005371}{0.9} = 0.01$ lo que esta dentro de los valores aceptados, en donde RC no debe ser mayor a 0.1. Para las cuatro matrices posteriores los valores encontrados se encuentran en la Tabla 4.10, donde se puede ver que ningún valor está por arriba de 10 %.

Tabla 4.10: Razones de Consistencia para las matrices

Matriz	λmax	CI	RC
Beneficios	3.00	0.00	0.00
Oportunidades	3.10	0.05	0.06
Costos	3.00	0.00	0.00
Riesgos	3.00	0.00	0.00

Por otra parte, y en cumplimiento del objetivo, se identificó la oportunidad de mejorar el tiempo de procesamiento de la información, esto a través de la pro-

gramación del algoritmo, lo que además facilita el uso de la herramienta a diversos problemas e incrementa la productividad de quien la utilice. En la Figura 4.2 se ven los pesos de todos los criterios y subcriterios para su análisis en el siguiente capítulo.

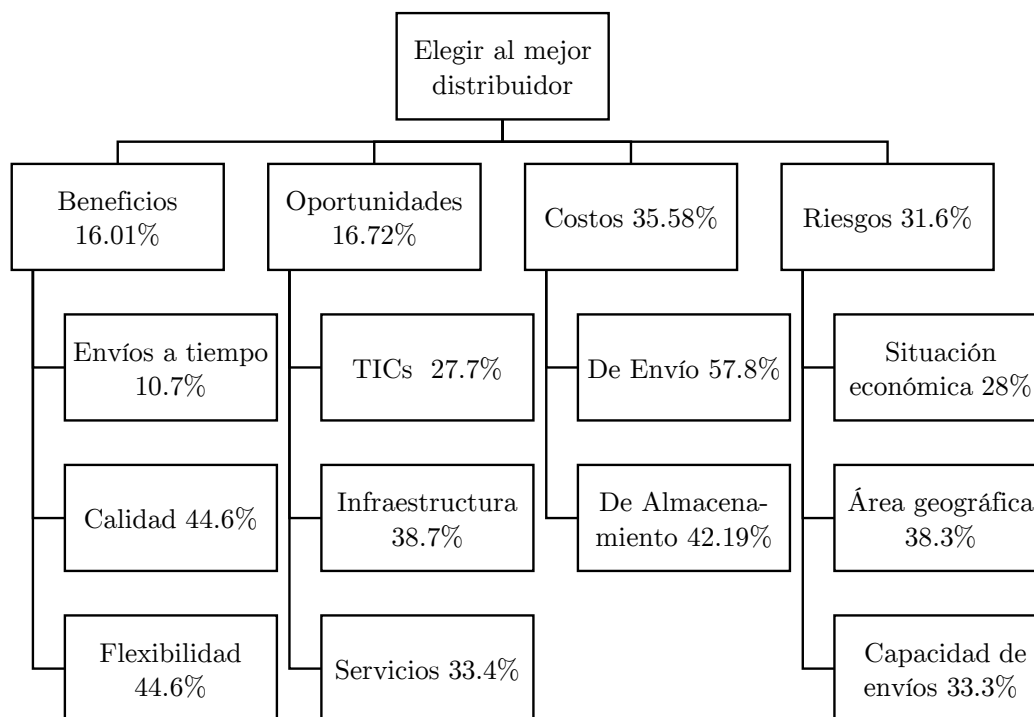


Figura 4.2: Peso de cada criterio y subcriterio

4.4 ELECCIÓN DE ALTERNATIVA Y ADECUACIONES EN LA EMPRESA

Para la selección de la mejor alternativa se proporcionará información relevante que ayude a tomar la mejor decisión, siguiendo con el sistema de ponderación de AHP (Osorio Gómez y Orejuela Cabrera, 2008). Con esta información se continuó la evaluación FAHP de las alternativas, comparando cada una de estas por subcriterio (Tabla 4.11).

Tabla 4.11: Comparativo Amazon,E-bay y DHL por KPI

Categorías	Amazon	e-bay	DHL
Envíos a tiempo	1 día, 96%	Variable, indeterminada	3 días. 98%
Calidad	1% errores en envío, 85% satisfaccion de clientes	20% errores en envío, 81% satisfacción de clientes	0.8% errores en envío, 90% satisfaccion de clientes
Flexibilidad	Total	Relativa	Restrictiva, envíos minimos diarios
TICs	Sitio web, sistemas robustos de seguridad, servicios en nube, uso de tecnologías de rastreo	Sitio web, sistemas robustos de seguridad, tecnologías de rastreo	Sitio web, sistemas robustos de seguridad, integracion con ciertos sistemas, tecnologías de rastreo
Infraestructura	Oficinas centrales, centros logísticos integrales, call centers	Oficinas centrales, call centers	Centros logísticos, oficinas centrales, flotilla propia, call centers
Servicios	Comercialización en plataforma en línea, subasta, logística amazon (almacenamiento, envío, gestión de inventario, logística inversa, logística multicanal), gestión de pagos, apoyo 24 horas a clientes y socios, capacitación integral en línea Amazon University	Comercialización, subasta, acuerdos con paqueterías, gestión de pagos, atención 24 horas a clientes y socios, manuales para procedimientos	Fullfilment, atención 24 horas a clientes y socios
Costo de envío	Gratis con suscripción US\$30, más 10% por valor de unidad vendida	Por cuenta del vendedor, más suscripción US\$21.9, más 15% por valor unidad vendida y envío	Suscripción US\$90, más US\$4 por envío
Costo de almacenamiento	US\$1 por mes, sin restricción	No disponible	US \$3 por mes, 90 días máximo
Situación económica	US\$177.86 billion (2017)	US\$9.567 billion (2017)	US\$60.4 billion (2017)
Área geográfica	Todo México, USA, Canadá	Todo México, USA	Todo USA
Capacidad de envíos	Propia, sin restricción	Tercerizada, sin restricción	Propia, sin restricción

Los datos en la Tabla 4.12 son las ponderaciones. Por último, para encontrar los valores finales se hace una multiplicación por cada nivel y se suman los resultados de cada alternativa. Ejemplo: El criterio beneficios pesa 0.16, y dentro de este se encuentra envíos a tiempo con 0.107, en este último rubro Amazon obtuvo 0.549, estos se multiplican y se tiene 0.0094. Esto se hace para cada KPI y se suma.

Tabla 4.12: Evaluación Amazon, E-bay y DHL por KPI

Subcri- terios	Envíos a tiempo	Calidad	Flexibi- lidad	TIC's	Servicios	Infraes- tructura	Costo envío	Costo almac.	Situación económi- ca	Área geográ- fica	Capaci- dad de envíos
Amazon	0.5495	0.3333	0.5435	0.3584	0.5405	0.4878	0.5376	0.5102	0.4587	0.5405	0.5495
E-bay	0.0989	0.1905	0.2989	0.2832	0.2973	0.2439	0.4194	0.1633	0.2569	0.1784	0.0980
DHL	0.3516	0.4762	0.1576	0.3584	0.1622	0.2683	0.0430	0.3265	0.2844	0.2811	0.3956

En la Tabla 4.13 se tienen los resultados finales. Más allá de la elección del distribuidor, es probable que exista la necesidad de la empresa de prepararse para modificar algunos de sus procesos y así poder alinearse con su nuevo socio, lo que le permitirá sacar un mayor provecho. Destacan la cantidad y el tipo de productos que serán puestos en manos del distribuidor, los requisitos para hacer llegar estos al mismo, el seguimiento a la demanda, entre otros.

Tabla 4.13: Resultados finales

Criterios	Beneficios			Oportunidades			Costos		Riesgos			Su- ma total
Subcri- terios	Envíos a tiempo	Calidad	Flexibili- dad	TIC's	Servicios	Infraes- tructura	Costo envío	Costo almac.	Situación econó- mica	Área geográ- fica	Capacida d de envíos	
Amazon	0.0094	0.0238	0.0388	0.0166	0.0305	0.0315	0.1112	0.0769	0.0406	0.0654	0.0578	0.503
Ebay	0.0017	0.0136	0.0213	0.0131	0.0168	0.0158	0.0868	0.0246	0.0227	0.0216	0.0103	0.248
DHL	0.0060	0.0340	0.0112	0.0166	0.0092	0.0173	0.0089	0.0492	0.0252	0.0340	0.0416	0.253

Además, la empresa debe dar seguimiento a las relaciones con el proveedor y realizar evaluaciones continuas, para mantener un control sobre toda la información generada por estos procesos, y monitorear nuevas áreas de oportunidad donde fortalecerse.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y RESULTADOS: CASO DE ESTUDIO

Los resultados de la investigación arrojaron que en preferencias Amazon es mejor con un 50.3 %, seguido de DHL con 25.3 % y E-bay con 24.8 %. En la Tabla 5.1 se muestra un resumen de los resultados para cada evaluación realizada.

Tabla 5.1: Resumen de evaluaciones

Criterio	Beneficios			Oportunidades			Costos		Riesgos		
	0.16			0.167			0.358		0.316		
Subcri- terios	Envíos a tiempo	Calidad	Flexibi- lidad	TIC´s	Servicios	Infraes- tructura	De envío	De almac.	Situación econó- mica	Área geográ- fica	Capaci- dad de envíos
	0.107	0.446	0.446	0.277	0.338	0.387	0.578	0.421	0.28	0.383	0.333
Amazon	0.5495	0.3333	0.5435	0.3584	0.5405	0.4878	0.5376	0.5102	0.4587	0.5405	0.5495
E-bay	0.0989	0.1905	0.2989	0.2832	0.2973	0.2439	0.4194	0.1633	0.2569	0.1784	0.0980
DHL	0.3516	0.4762	0.1576	0.3584	0.1622	0.2683	0.0430	0.3265	0.2844	0.2811	0.3956

Un aspecto a destacar es que la consistencia lógica de las matrices nunca superó el 10 %, por la acertada decisión de clasificar los KPIs para ayudar a los decisores y no hacer tan tedioso el procedimiento.

En la evaluación de los criterios se observa el pensamiento actual de las PyMEs *e-commerce* en México, destacando el caso específico de los KPIs como subcriterios, en donde el costo sigue siendo lo más importante; en un pensamiento de CS este

rubro es de importancia, pero no necesariamente el de mayor peso, por lo que se puede decir que las empresas en este nivel aún están lejos de tener un pensamiento integral de CS.

Después de los costos, lo más importante fue el área geográfica que pueden cubrir, y en este aspecto Amazon permite la venta en México, EUA y Canadá, y la distribución en el país donde se tenga almacenado el producto. Esto brinda potencial a llegar a más partes, conociendo mejor los procedimientos y el comportamiento de la demanda en el extranjero.

Los riesgos fueron otro factor importante, aunque las alternativas en general recibían buena calificación, ya que son empresas consolidadas.

Siguiendo con la línea, el aspecto que menos importancia recibió en general fueron los envíos a tiempo, como un reflejo del pensamiento alejado de CS. En la medida que este punto reciba mayor importancia aquí en México, existirán mejores condiciones de competencia global.

De las tres alternativas, se observa como Amazon aventajó en preferencias en 9 de los 11 rubros evaluados, el enfoque que tiene a ser una plataforma flexible e integral en diferentes aspectos le da un extra, que en el caso de PyMEs que requieren un punto de apoyo para crecer, resulta muy atractivo.

Mientras, DHL se llevó los otros dos, con un alto nivel de precisión, pero con algunas restricciones que tienen un enfoque a otras necesidades, con una demanda constante y con productos de diferentes características.

La principal razón de que E-bay no halla destacado en este estudio es, probablemente, por la necesidad de contar con el servicio de almacenamiento y distribución directa; en otras condiciones, como que la empresa estuviera en EUA, probablemente habría sido una mejor opción. La comercialización no fue lo único importante, y las prestaciones de E-bay tienen mucho potencial.

Tras presentarse los resultados a la empresa, y bajo sus propias consideraciones,

se decantaron por Amazon como la mejor opción.

Los productos considerados para su venta en el extranjero fueron aquellos identificados por la tienda como aquellos más buscados por los extranjeros, es decir, bolsas bordadas, que de echo son las de mayor valor en el catálogo.

La proyección de la demanda se determinó considerando las ventas efectuadas en 2017 (Tabla 5.2). Esto se logró consultando el historial de vistas en México y las ventas concretadas a través de este medio, hallando una razón que se aplicó a las visitas en EUA, obteniendo la estimación.

Tabla 5.2: Estimación de la demanda

Visitas en México, diferente IP	Clientes reales (No. De bolsas)	Porcentaje de conversión	Visitas desde EUA	Demanda proyectada
16324	1936	0.118598383	1039	123.2237197

Con la estimación de la demanda se realizó un EOQ (Tabla 5.3, para lo cual se requiere proyectar la demanda como una distribución normal, se deben conocer los costos en que se incurre por cada pedido, los costos de almacenamiento, quedando:

- d : Demanda. en unidades por año
- h : Costo de emitir una orden
- k : Costo asociado a mantener una unidad en inventario en un año
- Q : Cantidad a ordenar

El modelo EOQ o Harris Wilson aborda la problemática de inventario a través del cálculo del tamaño de lote que minimiza los costos de mantenimiento de inventario y colocación de pedidos.

Se caracteriza por generar un pedido justo cuando se llega a un nivel específico de inventario en el que es necesario hacer otro pedido. Esto ocurre según la demanda

considerada, que es la que se proyectó anteriormente. Se expresa como

$$Q' = \sqrt{\frac{2dk}{h}} \quad (5.1)$$

Los costos están expresados en pesos pero son sujetos al tipo de cambio. El costo de envío es \$800, considerando todos los gastos, el costo por almacenar un producto es \$18 al mes, por un año, serían \$198.

Tabla 5.3: Calculo de EOQ

Costo por pedido (k)	Costo por almacén (h)	Demanda (d)	Cantidad a mandar (Q)	Tiempo entre pedidos al año
800	196	123	31.68724716	0.257619896

Los valores obtenidos fueron considerados por la empresa como realistas y adecuados, recordando que la empresa se considera abierta a correr ciertos riesgos.

Por otra parte, aceptar a Amazon como la plataforma de distribución en el extranjero requiere adoptar algunas practicas, como trabajar con códigos de barras UPC, los cuales además sirven para mantener un mejor control de las mercancías. En general trabajar con Amazon permitirá a la empresa conocer mejores prácticas que la ayudarán a seguir creciendo.

Actualmente la empresa ya tiene unidades en el almacén de Amazon, y no existen restricciones para vender tanto en la plataforma propia como en la de Amazon, dado que esta última puede enviar los productos al cliente con la sola orden de la empresa.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

El impacto en la cadena de suministro radica en la importancia que la toma de decisiones tiene en todos los procesos logísticos, y cómo una empresa puede perder la oportunidad de mejorar/expandir su mercado debido a la toma de decisiones sin las herramientas adecuadas.

Parte medular del proyecto fue abordar el problema con una perspectiva integral, escuchando en todo momento las inquietudes y deseos de la empresa caso de estudio, algo que sin duda incrementó las posibilidades de crecimiento que se tenían. La importancia del pensamiento logístico como apoyo indispensable para cualquier empresa se nota desde la evaluación de las opciones que se podían tener, pasando al cómo evaluarlas, el crear conciencia en la empresa, hasta el acompañamiento para llegar al extranjero.

Además, durante la realización se logró observar la importancia del trabajo multidisciplinario con la colaboración de un programador, de un ingeniero industrial, expertos en logística, de expertos del mercado y de la empresa misma, en las diferentes etapas del proyecto donde se requirió su consejo en diversas áreas.

La elección de FAHP como fruto de una investigación focalizada ha demostrado ser acertada, así como la definición de los KPIs a partir de una búsqueda dirigida, apoyándose en la experiencia de académicos con gran recorrido, que han trabajado

en diferentes proyectos, que permitieron el éxito de este proyecto.

Muestra de los anterior es que los resultados y la alternativa propuesta, han sido del agrado de la empresa, y no solo eso, sino han considerado ampliar la oferta en el extranjero de sus productos. Más allá de lo anterior, la investigación permitió mostrar a la empresa otra manera de tomar los problemas de toma de decisión, buscando información acorde a las necesidades.

6.1 CONTRIBUCIONES

Como parte de las contribuciones, en la revisión de la literatura se deja entre ver cómo ha incrementado la conciencia de los tomadores de decisión con respecto a aquellos factores de mayor importancia en el proceso. Los pesos a cada uno de estos no están tan alejados de lo que recomienda la literatura, pero el hecho de analizarlos permite encontrar esa relación sana que va creciendo.

La búsqueda de información complementada con la experiencia ha permitido entender mejor las necesidades que existe. Así, un problema es analizado desde diferentes ángulos sin perder de vista el objetivo.

Otro aporte significativo de esta investigación es la programación de una herramienta informática, basada en en FAHP, la cual solo requiere datos de entrada, como lo son el número de expertos, el número de categorías o alternativas, los nombres de estas y los valores de las matrices de números difusos asignados por el realizador del proyecto. Esta herramienta automatiza la labor del procesamiento de información, y arroja como resultados los pesos de cada criterio o alternativa, logrando cumplir el objetivo trazado de ser replicable a más áreas.

Además, el cálculo de la cantidad de producto en el primer envío ha sido un acierto, considerando que se parte a un mercado incierto.

En un mar de literatura tan extenso como es el problema de toma de decisión,

se logra poner al alcance de cualquier persona o empresa que se enfrente a ésta, una ayuda sencilla y práctica, con la que se encuentre una respuesta más apegada a la realidad y que sin duda es de utilidad en múltiples problemas. Hoy se aplicó a la distribución con miras a expandirse, y se ha logrado satisfactoriamente.

6.2 TRABAJO FUTURO

El proyecto se trabajó en principio para PYMEs, aunque la utilización de la herramienta esta probada para múltiples problemas de decisión, independiente del tamaño o el giro de la empresa que pueda aplicarlo.

Aún así, se puede perfeccionar la herramienta informática, ofreciendo una experiencia más amigable al usuario, incluyendo recomendaciones de KPIs de acuerdo a áreas específicas.

En el caso de la empresa en particular, puede trabajarse en el diseño para una proyección de la demanda futura, observando el comportamiento actual de las ventas, y los históricos que a partir de ahora se están generando, esto con el fin de disminuir los riesgos futuros.

APÉNDICE A

DEFINICIONES DE LOS KPI

A.1 ENVÍOS A TIEMPO

Mide el cumplimiento de las fechas de entrega que proporciona el proveedor. Esto es muy crítico cuando se habla de un servicio de envío, especialmente cuando no todo depende del distribuidor, hay otros factores como el clima, accidentes y la mano de obra eficiente que puede afectar este indicador. Para efectos de este proyecto se consideraron los siguientes atributos: Entrega a tiempo: es el nivel de cumplimiento de los proveedores o la empresa para entregar los pedidos en la fecha o período acordado con el cliente; Tiempo de entrega: indica el tiempo transcurrido entre la realización del pedido y la entrega.

A.2 CALIDAD

Juran define la calidad como "idoneidad para el uso en términos de diseño, conformidad, disponibilidad, seguridad y uso en campo". La calidad del concepto se puede usar para cualquier proceso o producto como lo conocemos y cuando hablamos de la selección de un proveedor, cada autor da un valor y atributo diferente a este indicador. Para efectos de este proyecto se consideró el siguiente atributo:

Condiciones de los envíos en el momento de la entrega: lograr el nivel de paquetes de entrega en perfectas condiciones; Satisfacción del cliente: índice de satisfacción es reflejo de de calidad.

A.3 FLEXIBILIDAD

Capacidad de adaptarse fácilmente a diferentes escenarios. Para efectos de este proyecto se consideraron los siguientes atributos: Flexibilidad de demanda: representa cómo el proveedor responde a la demanda que no se pronostica; Flexibilidad de mezcla de productos: capacidad para manejar dos o más productos al mismo tiempo.

A.4 TICs

Cómo se usa la tecnología para agregar valor al proceso de compra y envío.

A.5 INFRAESTRUCTURA

La infraestructura garantiza la coordinación adecuada de todos los recursos humanos, procesos y otras herramientas operativas necesarias para garantizar un crecimiento manejable y rentable. Para efectos de este proyecto se consideró el siguiente atributo: Recursos físicos disponibles para el correcto funcionamiento.

A.6 SERVICIO AL CLIENTE

Cuando un cliente desea comprar un nuevo producto u obtener un nuevo servicio necesitará una guía, al principio una persona puede tener múltiples dudas y siempre pedirá ayuda, y esto continuará hasta que la transacción se haya finalizado,

por lo que el lleva debe tener un servicio al cliente funcional. Para efectos de este proyecto se consideraron los siguientes atributos: Accesibilidad: cómo se puede llegar al servicio al cliente, se medirá a través de los canales de comunicación; Velocidad de respuesta: el tiempo que lleva resolver una pregunta del cliente; Otros servicios: Cualquier otro servicio al alcance que facilite y mejore la experiencia.

A.7 COSTO DE ENVÍO

Costos en que se incurre para poder hacer llegar el producto al cliente.

A.8 COSTO DE ALMACENAMIENTO

Costos en que se incurre por tener un producto almacenado en un sitio.

A.9 SITUACIÓN ECONÓMICA

Condiciones económico-financiera. Para efectos de este proyecto se consideró el siguiente atributo: Utilidades: Beneficio neto anual que el negocio tiene basado en sus transacciones.

A.10 ÁREA GEOGRÁFICA

El indicador mide el alcance que tiene el proveedor, es decir, las áreas en las que el proveedor puede ofrecer y cómo se puede ampliar según las necesidades. Para efectos de este proyecto se consideraron los siguientes atributos: Alcance local y Alcance internacional

A.11 CAPACIDAD DE ENVÍOS

Según el volumen de envío previsto, la empresa necesitará un distribuidor que pueda cumplir con esta capacidad y también pueda responder a una demanda inesperada. Para efectos de este proyecto se consideró el siguiente atributo: Número de transacciones efectuadas y cantidades que puede mover por día.

BIBLIOGRAFÍA

- ALHUMAIDI, H. (2015), «Construction contractors ranking method using multiple decision-makers and multiattribute fuzzy weighted average», *Journal of Construction Engineering and Management*, **141**(4), págs. 1–13.
- AMBRASAITE, I., M. BARFOD y K. SALLING (2011), «MCDA and risk analysis in transport infrastructure appraisals: The Rail Baltica case», *Procedia Social and Behavioral Sciences*, **20**(1), págs. 944–953.
- ANAGNOSTOPOULOS, K. y A. VAVATSIKOS (2006), «An AHP model for construction contractor prequalification. Operational Research 6(3), 333-346», .
- ARSLAN, G., S. KIVRAK, M. T. BIRGONUL y I. DIKMEN ().
- AWAD, A. y A. FAYEK (2012), «A decision support system for contractor prequalification for surety bonding», *Automation in Construction*, **21**(1), págs. 89–98.
- AZNAR BELLVER, J. y F. GUIJARRO MARTÍNEZ (2012), «Nuevos métodos de valoración: Modelos multicriterio», *Universitat Politècnica de València*, **2**(1), págs.—.
- BALLESTEROS-PEREZ, P., M. CARMEN GONZALEZ-CRUZ y A. CANAVATE GRIMAL (2013), «On competitive bidding: Scoring and position probability graphs», *International Journal of Project Management*, **31**(3), págs. 434–448.
- BALLOU, R. H. (2004), *Logística. Administración de la Cadena de Suministro*, quinta edición, Pearson Educación, México.

- BALMAT, J., F. LAFONT, R. MAIFRET y N. PESSEL (2011), «A decision-making system to maritime risk assessment», *Ocean Engineering*, **38**(1), págs. 171–176.
- BAUER, K. (2004), «KPIs-The metrics that drive performance management», *Information Management*, **14**(9), págs. 63–64.
- BAVIERA PUIGA, A., G. GARCÍA MARTÍNEZA y T. GÓMEZ NAVARROB (2014), «Propuesta metodológica mediante ANP para la evaluación de las memorias de sostenibilidad del sector agroalimentario español», *Economía Agraria y Recursos Naturales*, **14**(1), págs. 81–100.
- BENDANA, R., A. DEL CANO y M. DE LA CRUZ (2008), «Contractor selection: fuzzy-control approach», *Canadian Journal of Civil Engineering*, **35**(5), págs. 473–486.
- BENÍTEZ, J., X. DELGADO-GALVÁN, G. JA y J. IZQUIERDO (2011), «Balancing consistency and expert judgment in AHP», *Mathematical and Computer Modelling*, **54**(7), págs. 1785–1790.
- BULLINGER, H.-J., M. KÜHNER y A. V. HOOF (2002), «Analysing supply chain performance using a balanced measurement method», *International Journal of Production Research*, **40**(15), págs. 3533–3543.
- BÜKÖZKAN, G., T. ERTAY, C. KAHRAMAN y D. RUAN (2004), «Determining the importance weights for the design requirements in the house of quality using the fuzzy analytic network approach», *International Journal of Intelligent Systems*.
- CANBOLAT, Y., K. CHELST y N. GARG (2007), «Combining decision tree and MAUT for selecting a country for a global manufacturing facility», *Omega*, **35**(3), págs. 312–325.
- CHANG, D. Y. (1996), «Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP», *European Journal of Operational Research*.
- CHOPRA, S. y P. MEINDL (2007), *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*, tercera edición, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ,.

- CHOU, J., A. PHAM y H. WANG (2013), «Bidding strategy to support decision-making by integrating fuzzy AHP and regressionbased simulation», *Automation in Construction*, **35**(1), págs. 517–527.
- DARVISH, M., M. YASAEI y A. SAEEDI (2009), «Application of the graph theory and matrix methods to contractor ranking», *International Journal of Project Management*, **27**(6), págs. 610–619.
- DELANEY, L. J. (2016), «Exporting», URL <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4842-2193-8>.
- EASTMAN, J. R. (2001), «Decision support: Decision strategy analysis», *Guide to GIS and image processing*, **2**(1), págs. 1–40.
- EL-ABBASY, M., T. ZAYED, M. AHMED, H. ALZRAIEE y M. ABOUHAMAD (2013), «Contractor selection model for highway projects using integrated simulation and analytic network process», *Journal of Construction Engineering and Management*, **139**(7), págs. 755–767.
- ESTAMPE, D. (2014), *Supply Chain Performance and Evaluation Models*, primera edición, John Wiley Sons, EUA.
- GANGA, G. M. D. y L. C. R. CARPINETTI (2011), «A fuzzy logic approach to supply chain performance management», *International Journal of Production Economics*, **134**(1), págs. 177–187.
- HORTA, I., A. CAMANHO y A. LIMA (2013), «Design of performance assessment system for selection of contractors in construction industry e-marketplaces», *Journal of Construction Engineering and Management*, **139**(8), págs. 910–917.
- HWANG, C. y K. YOON (1981), «Multiple attribute decision making», *Springer Verlag*.
- JASKOWSKI, P., S. BIRUK y BUON (2010), «Assessing contractor selection criteria weights with fuzzy AHP method application in group decision environment», *Automation in Construction*, **19**(2), págs. 120–126.

- KAILIPONI, P. (2010), «Analyzing evacuation decisions using multi-attribute utility theory», *Procedia Engineering*, **3**(1), págs. 163–174.
- KERZNER, H. (2011), *Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance*, primera edición, John Wiley Sons, New Jersey.
- KIM, Y., E. CHUNG, S. JUN y S. KIM (2013), «Prioritizing the best sites for treated wastewater instream use in an urban watershed using fuzzy TOPSIS», *Resources, Conservation and Recycling*, **73**(1), págs. 23–32.
- KONIDARI, P. y D. MAVRAKIS (2007), «A multi-criteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments», *Energy Policy*, **35**(12), págs. 6235–6257.
- LEE, A. H. I. (2009), «A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits , opportunities , costs and risks», *Expert Systems With Applications*, **36**(2), págs. 2879–2893, URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2008.01.045>.
- LEOŃCZUK, D. (2016), «Categories of Supply Chain Performance Indicators: an Overview of Approaches», *Business, Management and Education*, **14**(1), págs. 103–115, URL <http://bme.vgtu.lt/index.php/bme/article/view/317>.
- LI, Y., X. NIE y S. CHEN (2007), «Fuzzy approach to prequalifying construction contractors», *Journal of Construction Engineering and Management*, **133**(1), págs. 40–49.
- LIU, H. y T. YAN (2007), «Bidding-evaluation of construction projects based on VIKOR method», *IEEE International Conference on Automation and Logistics*, **1**(1), págs. 1778–1782.
- MORENO, J. (2001), «El proceso analítico jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones», Tesis digitales.

- NASSAR, K. y O. HOSNY (), «Fuzzy clustering validity for contractor performance evaluation: Application to UAE contractors», *Automation in Construction*, **31**(1), págs. 158–168.
- NIETO-MOROTE, A. y F. RUZ-VILA (2012), «A fuzzy multicriteria decision-making model for construction contractor prequalification», *Automation in Construction*, **25**(1), págs. 8–19.
- OKEOLA, O. y B. SULE (2012), «Evaluation of management alternatives for urban water supply system using Multi-criteria Decision Analysis», *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*, **24**(1), págs. 19–24.
- ORTEGA, R. (2014), «E-commerce, una oportunidad de crecimiento internacional», disponible en <https://www.forbes.com.mx/e-commerce-una-oportunidad-de-crecimiento-internacional/>.
- OSORIO GÓMEZ, J. C. y J. P. OREJUELA CABRERA (2008), «El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación», *Scientia Et Technica*, **14**(39), págs. 247–252.
- PARK, K. y L. CHUL (), «Whole life performance bid evaluation in the Korean public sector», *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, **12**(6), págs. 682–700.
- PLAZOLA, L., I. NAVARRO, S. MARIN y A. TORRES (2012), «Eestudio de caso de una empresa farmacéutica veterinaria: Selección de proveedores mediante decisión multicriterio», *Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativo*.
- PLEBANKIEWICZ, E. (2009), «Contractor prequalification model using fuzzy sets», *Journal of Civil Engineering and Management*, **15**(4), págs. 377–385.
- PLEBANKIEWICZ, E. (2012), «A fuzzy sets based contractor prequalification procedure», *Automation in Construction*, **22**(1), págs. 433–443.

- PLEBANKIEWICZ, E. (2014), «Modelling decision-making processes in bidding procedures with the use of the fuzzy sets theory», *International Journal of Strategic Property Management*, **18**(3), págs. 307–316.
- PÉREZ, B. (2013), «Determinación de políticas de inventario aplicando metodologías basadas en lógica difusa», Tesis de Maestría en Logística y Cadena de Suministro, FIME, UANL.
- RINCÓN, H. R. (2011), «Indicador para elegir bajo ambiente difuso la localización de un establecimiento industrial: el caso del sector automotor», Tesis Doctoral. Universidad Nacional, Colombia.
- RODRÍGUEZ, C. J. y H. A. MONTOYA (2009), «Aplicaciones de la lógica difusa en la planificación de la producción», Tesis. Universidad Nacional sede Medellín. Colombia.
- ROSALES, L. P. (2000), «Propuestas de lógica difusa para la toma de decisiones.», *Politica y Cultura*, **13**(1), págs. 97–112.
- ROY, B. y R. SŁOWIŃSKI (2013), «Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method. journal = EURO Journal on Decision Processes, volume = 1, number = 1, pages = 69–97», .
- SAATY, T. (2006), «Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes», *European Journal of Operational Research*, **168**(1), págs. 557–570.
- SAATY, T. L. (2001), «The Analytic Network Process: Decision Making with dependence and feedback», .
- SAN CRISTÓBAL, J. (2012), «Contractor selection using multicriteria decision-making methods», *Journal of Construction Engineering and Management*, **138**(6), págs. 751–758.

- SARACHE CASTRO, W. A., O. DANILO CASTRILLÓN y L. F. ORTIZ FRANCO (2009), «Selección de proveedores: una aproximación al estado del arte», *Cuadernos de Administración*, **22**(38).
- SIMANAVICIENE, R. y L. USTINOVICHUS (2010), «Sensitivity analysis for multiple criteria decision making methods: TOPSIS and SAW», *Procedia Social and Behavioral Sciences*, **2**(1), págs. 7743–7744.
- SINGH, D. y R. TIONG (2005), «A fuzzy decision framework for contractor selection», *Journal of Construction Engineering and Management*, **131**(1), págs. 62–70.
- TOPCU, Y. (2004), «A decision model proposal for construction contractor selection in Turkey», *Building and Environment*, **39**(4), págs. 469–481.
- TOSKANO, G. (2005), «El Proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma decisiones en la selección de proveedores», Tesis digitales.
- TRIVEDI, M., M. PANDEY y S. BHADORIA (2011), «Prequalification of construction contractor using a FAHP», *International Journal of Computer Applications*, **28**(10), págs. 39–45.
- VAHDANI, B., S. MOUSAVI, H. HASHEMI, M. MOUSAKHANI y R. TAVAKKOLI-MOGHADDAM (2013), «A new compromise solution method for fuzzy group decision-making problems with an application to the contractor selection», *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **26**(2), págs. 779–788.
- VALENCIA, S. A. C. y F. J. V. OLIVAREZ (2017), «Clasificación De Los Modelos De Negocio En El Comercio Electrónico», *Revista de Investigación en Ciencias y Administración*, **8**(14), págs. 330–344, URL <http://www.inceptum.umich.mx/index.php/inceptum/article/view/311/288>.
- VELASQUEZ, M. y P. T. HESTER (2013), «An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods», *International Journal of Operations Research*, **10**(2), págs. 56–66.

- VITASEK, K. (2013), «Supply Chain Management Terms and Glossary», recurso libre, disponible en https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921.
- WANG, J., Y. XU y Z. LI (2009), «Research on project selection system of pre-evaluation of engineering design project bidding», *International Journal of Project Management*, **27**(6), págs. 584–599.
- WANG, L. X., D. y L. . LIU (2013), «Bid evaluation behavior in online procurement auctions involving technical and business experts», *Electronic Commerce Research and Applications*, **12**(5), págs. 328–336.
- WANG, T. (2012), «The interactive trade decision-making research: An application of novel hybrid MCDM model», *Economic Modelling*, **29**(3), págs. 926–935.
- WEI, W. X., Z AND y Q. GUO (2011), «A contractor prequalification model based on triangular fuzzy number and TOPSIS», *18th International Conference IEEE of Industrial Engineering and Engineering Management*, **1**(1), págs. 1–4.
- WEY, W. y K. WU (2007), «Using ANP priorities with goal programming in resource allocation in transportation», *Mathematical and Computer Modelling*, **46**(1), págs. 985–1000.
- WHITTEN, G. D., K. W. GREEN JR y P. J. ZELBST (2012), «Triple-A supply chain performance», *International Journal of Operations Production Management*, **32**(1), págs. 28–48.
- ZABEO, A., L. PIZZOL, P. AGOSTINI, A. CRITTO, S. GIOVE y A. MARCOMINI (2011), «Regional risk assessment for contaminated sites Part 1: Vulnerability assessment by multi-criteria decision analysis», *Environment International*, **37**(8), págs. 1295–1306.
- ZHANG, H. y S. OKOROAFO (2015), «Third-Party Logistics (3PL) and Supply Chain

Performance in the Chinese Market: A Conceptual Framework», *Canadian Center of Science and Education*, **4**(1).

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Ing. Leyder Fernando Martínez Cambrano

Candidato para obtener el grado de
Maestría en Logística y Cadena de Suministro

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

ELECCIÓN DE UN CANAL DE DISTRIBUCIÓN EN EL EXTRANJERO
PARA UNA PYME DE COMERCIO ELETRÓNICO

Nací el 3 de abril de 1993 en Villahermosa, Tabasco, hijo de Fernando Martínez Alcudia y Guadalupe Cambrano Cabrera.

Concluí mi educación básica en el año 2008, iniciando mi bachillerato general en el COBATAB 1. En este descubrí mi afinidad con la ingeniería industrial, optando por esta como la carrera profesional en la que me desempeñaría.

En 2011 inicié mis estudios profesionales en el Instituto Tecnológico de Villahermosa, donde en el año 2015 tuve la oportunidad de participar en un Verano Científico llevado a cabo en la Universidad Autónoma de Nuevo León. Aquí pude descubrir un abanico de opciones para seguir preparándome con miras a un posgrado, siendo la Maestría en Logística y Cadena de Suministro la que resultó más

atractiva, logrando acceder a ella en 2016.

Durante mis estudios de posgrado colaboré en diferentes proyectos, desenvolviéndome en diferentes áreas, aprendiendo de los proyectos de mis compañeros, y teniendo la oportunidad de participar en un congreso como ponente en Tabasco.